



**Variabilité de la sénescence du squelette humain.
Réflexions sur les indicateurs de l'âge au décès : à la
recherche d'un outil performant.**

Aurore Schmitt

► **To cite this version:**

Aurore Schmitt. Variabilité de la sénescence du squelette humain. Réflexions sur les indicateurs de l'âge au décès : à la recherche d'un outil performant.. Anthropologie biologique. Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, 2001. Français. NNT: . tel-00255753

HAL Id: tel-00255753

<https://theses.hal.science/tel-00255753>

Submitted on 14 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

N° d'ordre : 2362

THESE

présentée à

L'UNIVERSITE BORDEAUX I

Ecole Doctorale

Sciences du vivant, Géosciences et Sciences de l'environnement

Par Melle **Aurore SCHMITT**

pour obtenir le grade de

DOCTEUR

Spécialité : ANTHROPOLOGIE

**VARIABILITE DE LA SENESCENCE DU SQUELETTE HUMAIN
REFLEXIONS SUR LES INDICATEURS DE L'AGE AU DECES :
A LA RECHERCHE D'UN OUTIL PERFORMANT**

Soutenue le 05 Mai 2001

Après avis de :

Andrew Chamberlain, Senior Lecturer, University of Sheffield
Eric Crubézy, Professeur, Université Paul Sabatier, Toulouse

Rapporteurs

Devant la Commission d'examen formée de :

Bernard Vandermeersch
Olivier Dutour
Jaroslav Bruzek
Andrew Chamberlain
Marc Michel Corsini
Eric Crubézy

Professeur, Université Bordeaux 1
Professeur, Université de la Méditerranée
Directeur de Recherches, UMR 5809
Senior Lecturer, University of Sheffield
Maître de conférence, Université Bordeaux 2
Professeur, Université Paul-Sabatier, Toulouse

***Président
Rapporteur
Examineurs***

« Personne n'a le droit de se reposer sur l'idée qu'il y aura toujours des êtres d'exception, des héros, des "hommes dignes de ce nom", chargés à sa place de perpétuer la dignité de l'espèce. »

Sous le soleil de Big Brother, François Brune

AVANT-PROPOS

Je remercie le professeur B. Vandermeersch et J. Bruzek de m'avoir confié un sujet passionnant de nature méthodologique sur un paramètre essentiel de notre discipline. Je suis très reconnaissante envers B. Vandermeersch d'avoir guidé mes premiers pas d'apprenti-chercheur en DEA.

J'exprime ma gratitude envers J. Bruzek. La confrontation de nos points de vue a toujours été fructueuse. Il m'a laissé une grande liberté de manœuvre et d'initiative. Il a été présent et encourageant dans les moments de doute, de découragement. Sa confiance dans mon travail a été une source de réconfort.

Je remercie Andrew Chamberlain et Eric Crubézy qui ont bien voulu juger ce travail, ainsi que Marc-Michel Corsini et Olivier Dutour d'avoir accepté de participer à mon jury.

Je remercie chaleureusement ceux qui m'ont permis l'accès aux collections de référence d'âge et de sexe connus : Eugenia Cunha du Laboratoire d'Anthropologie de Coimbra, Christian Simon et Isabelle Gemmerich du Département de Préhistoire de l'Université de Genève, Lyman Moore Jellima et Bruce Latimer du Musée d'Histoire Naturelle de Cleveland, Antonio Sanchez Sanchez du Département de Médecine légale de l'Université Complutense de Madrid, Eric Baccino de l'Hôpital Lapeyronie de Montpellier, Louise Humphrey, Robert Kruzinski et Veronica Hunt du Museum d'Histoire Naturelle de Londres. Ils m'ont tous réservé un accueil chaleureux et suivi mon travail avec intérêt.

Je tiens à remercier l'ensemble des membres du Laboratoire d'Anthropologie de Bordeaux et particulièrement ceux dont le sujet tient à cœur. Pascal Murail pour son enthousiasme, pour l'intérêt qu'il a porté à mes recherches, pour toutes ses remarques idoines pendant ces quatre années écoulées. Nos discussions ont toujours été amicales et fructueuses. Je lui suis vraiment reconnaissante du temps qu'il a passé à lire et à relire les différentes versions de cette thèse. Son honnêteté et son sens critique vis-à-vis de mon travail ont permis des améliorations considérables.

Merci à Pascal Sellier pour ses précieux conseils sur divers points méthodologiques, et non des moindres, son scepticisme m'a permis de mener mes recherches plus loin.

Merci à Dominique Castex qui n'a pas hésité à partager ses idées sur la question de l'âge au décès des adultes et qui a passé du temps à tester et juger mon système de cotation.

Je remercie Cécile Broqua pour notre collaboration sur l'approche bayésienne, nos « brain storming », la confection d'un programme de calcul, nos doutes, nos discussions passionnées et nos fou-rires.

Je remercie Benoit Leblanc, maître de conférence au laboratoire de Sciences Cognitives de Bordeaux II pour son initiation sur l'intelligence artificielle et pour avoir guidé mes premiers pas avec le logiciel des réseaux de neurones.

Je réserve une place particulière à Marc-Michel Corsini pour son investissement dans ma problématique en termes de temps et d'enthousiasme. J'ai apprécié notre collaboration et souhaite sincèrement qu'elle se poursuive.

Merci à Francis Houët et Gilles Durrieu pour leurs conseils et leur aide pour les analyses statistiques, leur formation différente a souvent conduit à des points de vue distincts, mais que demander de mieux pour réfléchir par soi-même ? Merci particulièrement à Francis pour son humour dans le travail et sa générosité envers les étudiants.

J'ai profondément apprécié mes discussions avec Theya Molleson qui a pris le temps de répondre à mes questions sur la collection de Spitalfields et à exprimer ses sentiments profonds sur les recherches actuelles en Anthropologie.

Merci à Jesper Boldsen, Lyle Konisberg et Dave Lucy qui m'ont donné des conseils pour ma population de référence lors de rencontres à des colloques ou par mail interposé

Toute mon affection à cette fine équipe de thésards, passionnés, drôles, réconfortants, prêts à donner le coup de main avec une telle générosité dans l'urgence : Caroline, David, Esther, Fanny, Hélène, Laurent. Une reconnaissance particulière à Caroline, Hélène et Laurent qui m'ont aidé par leur relecture et leur « trucs et astuces » informatiques, à la fin de la rédaction.

Toute ma tendresse à Peguy, Jérôme, Ludovic et Liv, mes premiers compagnons d'étude. Nos recherches nous ont séparé, mais nous savons que la réussite et l'épanouissement de chacun est une réussite et un épanouissement pour les autres.

TABLE DE MATIERES

INTRODUCTION	13
---------------------	-----------

CHAPITRE I

AGE AU DECES DES ADULTES : APPROCHE THEORIQUE	21
--	-----------

A - Généralités sur la sénescence	23
A1 - Vieillissement et sénescence : synonymes ou phénomènes différents	23
A2 - L'origine de la sénescence	24
A3 - Sénescence, normalité et pathologie	25
A4 - Sénescence et risque au décès	26
A5 - Conclusion	28

B - Variabilité des indicateurs osseux	29
B1 - La synostose des sutures crâniennes : un cas particulier	29
B2 - Le remodelage du tissu osseux	31
B3 - Pathologies dégénératives des articulations	34

C - Evolution des caractères dentaires avec l'âge	41
C1 - L'usure dentaire	41
C2 - Le remodelage histologique du tissu dentaire	42

D - Conclusion	44
-----------------------	-----------

CHAPITRE II

INDICATEURS, MATERIEL, TRAITEMENT DES DONNEES : DES CHOIX DIFFICILES	47
---	-----------

A - Méthodologie : terminologie et écueils	49
A1 - Notions terminologiques	49
A2 - Les écueils méthodologiques	50

B - Les méthodes basées sur le remodelage osseux	55
B1 - Le problème taphonomique	55
B2 - Les problèmes méthodologiques : reproductibilité et fidélité	55
B3 - Le problème de l'échantillon de référence	56
B4 - Un traitement des données inapproprié	57
B5 - Synthèse	57

C - Les méthodes basées sur le remodelage dentaire	58
C1 - La méthode Gustafson et ses dérivés	58
C2 - La cémentogénèse	60
C3 - Les avantages apparents du tissu dentaire	61
C4 - Synthèse	62

D - Les méthodes basées sur la modification des surfaces articulaires	62
D1 - Méthode basée sur l'ostéoarthrose des os de la main	62
D2 - Les méthodes d'estimation de l'âge basées sur la synostose des sutures crâniennes	63
D3 - Méthodes basées sur les modifications morphologiques de la symphyse pubienne	65
D4 - Méthode basée sur les modifications morphologiques de la surface sacro-pelvienne iliaque	67
D5 - Méthode basée sur l'observation de l'extrémité sternale de la quatrième côte	68
D6 - Préservation des sites anatomiques et archéologie	69
D7 - Synthèse	70
E - Les méthodes multi-factorielles	70
E1 - Présentation et critique des méthodes multi-factorielles	70
E2 - Nécessité d'une méthode multi-factorielle ?	72
F - Les populations de référence	73
F1 - Les collections de squelette d'âge connu	73
F2 - La taille de l'échantillon de référence	74
F3 - La distribution par âge de l'échantillon de référence : un choix important	75
G - Traitement des données : prédiction de l'âge au décès	78
G1 - L'attraction de la moyenne : un piège à éviter	78
G2 - A la recherche d'un outil adapté au paramètre de l'âge	79
H - Conclusion	81
CHAPITRE III	
LES ECHANTILLONS ETUDIES	83
A - Les collections provenant de cimetières	85
A1 - Portugal (Université de Coimbra)	85
A2 - Angleterre (Musée d'Histoire Naturelle de Londres)	86
A3 - Suisse (Université de Genève)	87
A4 - Espagne (Université Complutense de Madrid)	88
B - Les collections de médecine légale	89
B1 - France (Hopital Lapeyrie de Montpellier)	89
B2 - Etats Unis (Musée d'Histoire Naturelle de Cleveland-Ohio)	89
C - Synthèse	91

CHAPITRE IV**NOUVEAUX SYSTEMES DE COTATION ET ETUDE DES INDICATEURS**

OSSEUX	93
A - Indicateurs modifiés et leur cotation	95
A1 - Nouveau système de cotation de la symphyse pubienne (SPU)	95
A2 - Nouveau système de cotation de la surface sacro-pelvienne iliaque (SSPI)	101
A3 - Nouveau système de cotation de l'extrémité sternale de la quatrième côte (CO)	108
B - Statistique prospective : compréhension du comportement des indicateurs	114
B1 - Les analyses univariés	114
B2 - Analyses multivariés : analyse des correspondances multiples	115
C – Relations des indicateurs avec l'âge et le sexe	117
C1 - Différences sexuelles	117
C2 - Etude de la relation avec l'âge	118

CHAPITRE V**APPROCHE BAYESIENNE ET AGE AU DECES**

A - Concept de l'approche bayésienne	
A1 - L'approche bayésienne : un concept probabiliste	127
A2 - Différence entre les méthodes statistiques traditionnelles et l'approche bayésienne	131
A3 - Les informations <i>a priori</i> ou le discrédit bayésien	134
B - Application à l'âge individuel	135
B1 - Proposition de Lucy <i>et al.</i> (1996)	135
B2 - Stratégie d'analyses	137
C - Analyse des probabilités	142
C1 - Protocole de l'analyse	142
C2 - Analyse des probabilités <i>a posteriori</i> sur les échantillons tests	144
1 - Surface sacro-pelvienne iliaque (SSPI)	144
2 - Surface sacro-pelvienne sans la tubérosité iliaque (SSPI-TI)	145
3 - Surface sacro-pelvienne iliaque associée à la symphyse pubienne (SSPI+PU)	146
4 - Surface sacro-pelvienne sans tubérosité iliaque associée à la symphyse pubienne (SPI-TI+SPU)	148
5 - Extrémité sternale de la quatrième côte (CO ⁴)	149
6 - Symphyse pubienne associée à l'extrémité sternale de la quatrième côte (SPU+CO ⁴)	150
7 - Surface sacro-pelvienne associée à l'extrémité sternale de la quatrième côte (SSPI+CO ⁴)	152
8 - Surface sacro-pelvienne sans tubérosité iliaque associée à l'extrémité sternale de la quatrième côte (SSPI-TI+CO ⁴)	154
9 - Surface sacro-pelvienne associée à la symphyse pubienne et à l'extrémité sternale de la quatrième côte(SSPI+SPU+CO ⁴)	155

10 - Surface sacro-pelvienne sans tubérosité iliaque associée à la symphyse pubienne et à l'extrémité sternale de la quatrième côte (SPI-TI+SPU+CO ⁴)	156
C3 - Synthèse des résultats	157
D - Analyse des performances des indicateurs en groupement de classes	163
D1 - Analyse de simulations de classement	163
D2 - Distinction de 3 classes d'âge : 20-29, 30-59, >60 en mode 1	164
D3 - Distinction de 3 classes d'âge : 20-29, 30-49, >50 en mode 2	166
D4 - Conclusion	168
CHAPITRE VI	
LES RESEAUX DE NEURONES ARTIFICIELS ET L'AGE AU DECES	171
A - Particularités et intérêts des réseaux de neurones	173
A1 - Fondement biologique du réseau de neurones	174
A2 - Le réseau de neurones artificiel : un mécanisme calculatoire inspiré du réseau de neurones biologique	175
A3 - Principe de fonctionnement	176
A4- Les réseaux de neurones artificiels : une alternative aux statistiques traditionnelles	178
B - Le perceptron	180
B1 - L'architecture du perceptron multi-couches	180
B2 - Apprentissage et rétropropagation	181
C - Application du perceptron multi-couches à l'estimation de l'âge au décès : une expérience avec la symphyse pubienne et la surface sacro-pelvienne iliaque	184
C1 - Elaboration d'un réseau de neurones adapté aux données	184
C2 - Résultats	186
C3 - Conclusion	191
CHAPITRE VII	
DISCUSSION	193
A - Commentaires sur l'effet de l'âge et du sexe sur les indicateurs utilisés	195
A1 - Différences sexuelles	197
A2 - La relation à l'âge	198
B - Le traitement des données	198
B1 - Commentaire sur la distribution par âge de l'échantillon de référence	198
B2 - La méthode multi-critères : un leurre	199
B3 - L'indicateur le plus performant : la surface sacro-pelvienne iliaque	200
C - Apport de notre recherche aux études paléobiologiques	206
C1 - Reconnaissance des classes extrêmes et regroupement des classes intermédiaires	206
C2 - Identification des spécimens dont l'âge n'est pas déterminable	207
C3 - Une fiabilité supérieure à 80%	208
C4 - Mauvaise classification : une piste biologique, la relation inverse entre l'ostéoporose et l'ostéoarthrose	208

CONCLUSION	211
BIBLIOGRAPHIE	217
LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES	253
ANNEXES	261
Annexe 1 (Chapitre IV)	265
Différence entre sexes : <i>tableaux AIV.1 à AIV.11</i>	
Relation à l'âge des indicateurs : <i>tableaux AIV.12 à AIV.23</i>	
Annexe 2 (Chapitre V)	273
1 - Surface sacro-pelvienne iliaque (SSPI) : <i>tableaux AV.1 à AV.4</i>	
2 - Surface sacro-pelvienne sans la tubérosité iliaque (SSPI-TI) : <i>tableaux AV.5, AV.6</i>	
3 - Surface sacro-pelvienne iliaque associée à la symphyse pubienne (SSPI+PU) : <i>tableaux AV.7 à AV.10</i>	
4 - Surface sacro-pelvienne sans tubérosité iliaque associée à la symphyse pubienne (SPI-TI+SPU) : <i>tableaux AV.11 et AV.112</i>	
5 - Extrémité sternale de la quatrième côte (CO ⁴) : <i>tableaux AV.13 à AV.16</i>	
6 - Symphyse pubienne associée à l'extrémité sternale de la quatrième côte (SPU+CO ⁴) : <i>tableaux AV.17 à AV.20</i>	
7 - Surface sacro-pelvienne associée à l'extrémité sternale de la quatrième côte (SSPI+CO ⁴) : <i>tableaux AV.21 à AV.24</i>	
8 - Surface sacro-pelvienne sans tubérosité iliaque associée à l'extrémité sternale de la quatrième côte (SSPI-TI+CO ⁴) : <i>tableaux AV.25, AV.26</i>	
9 - Surface sacro-pelvienne et symphyse pubienne associée à l'extrémité sternale de la quatrième côte (SSPI+SPU+CO ⁴) : <i>tableaux AV.27 à AV.30</i>	
10 - Surface sacro-pelvienne sans tubérosité iliaque associée à la symphyse pubienne et l'extrémité sternale de la quatrième côte (SPI-TI+SPU+CO ⁴) : <i>tableaux AV.31, AV.32</i>	
Les matrices de confusion : <i>tableaux AV.33 à AV.42</i>	338
Annexe 3 (Chapitre VI)	341
Matrices de confusions : <i>tableaux AVI.1 à AVI.6</i>	
Annexe 4 (Chapitre VII) : <i>tableaux AVII.1, AVII.2</i>	344

INTRODUCTION

La paléoanthropologie - étude des restes osseux humains anciens - est une discipline qui se développe depuis plus d'un siècle. Quel que soit le cadre chronologique ou géographique concerné, son objectif est de contribuer à une meilleure connaissance de l'histoire de l'homme et des populations. Les problématiques se sont dès lors diversifiées et les méthodologies employées ont fait l'objet d'importantes réflexions, l'empirisme ayant cédé la place à la rigueur scientifique. Récemment, certaines innovations technologiques (imagerie médicale, biologie moléculaire, analyse des isotopes) ont permis d'ébaucher de nouvelles perspectives de recherche, basées sur ces nouvelles sources d'informations.

Cependant, face à tout reste osseux, deux questions fondamentales se posent : quel était le sexe de l'individu et à quel âge est-il décédé ? Cette identification est primordiale car, la plupart des paramètres étudiés ensuite sont dépendants de ces deux critères. Si la détermination du sexe dispose d'une méthodologie très fiable à présent, il en est tout autrement de l'estimation de l'âge au décès, particulièrement après l'âge de 20 ans.

Conscients que la recherche en anthropologie biologique était fortement handicapée par cette limite, nous avons décidé d'en faire notre sujet de recherche avec pour ambition de contribuer à l'amélioration de cette situation.

Champs d'application de l'estimation de l'âge au décès à partir du squelette

- L'identification individuelle de l'âge au décès est importante dans tous les domaines de l'anthropologie biologique, qu'il s'agisse de l'étude d'un fossile, de l'identification d'un sujet en médecine légale ou de l'analyse des ensembles sépulcraux.
- Etude des populations : depuis les travaux novateurs d'Acsádi et Némésékéri (1970), les grandes séries ostéologiques sont perçues comme le moyen d'accéder à des informations d'ordre populationnel, concernant aussi bien le domaine biologique que culturel.
 - « paléodémographie » : l'anthropologie d'école française a coutume de réunir les étapes préliminaires d'estimation du sexe et de l'âge au décès sous le terme « étude paléodémographique ». Une étude démographique *sensu stricto* des populations anciennes à partir des seuls vestiges osseux n'est cependant pas possible (Bocquet-Appel et Masset, 1982, 1985, 1996 ; Paine, 1989 ; Konigsberg et Frankenberg, 1992). Cependant, l'étude de la distribution par classes d'âge, si elle n'est pas informative

en terme de démographie, est d'une importance cruciale pour identifier la composition de l'échantillon étudié. Cette démarche, consistant à discuter le « recrutement » d'une population archéologique fait maintenant partie de l'approche classique de l'étude des populations anciennes (Paine, 1989 ; Murail, 1996 ; Sellier, 1996 ; Alesan *et al.*, 1999).

- études paléobiologiques : la caractérisation d'une population passe par l'étude de la morphologie, des variations anatomiques, des indicateurs de stress et de la paléopathologie. Chacune de ces approches nécessite une estimation de l'âge au décès des adultes qui soit la plus fiable possible.

Par conséquent, la détermination de l'âge au décès est un élément crucial pour toute étude des restes humains anciens et conditionne, par sa fiabilité, la validité des conclusions émises.

De l'enthousiasme à un constat d'échec

Les premières études paléobiologiques se caractérisaient par une confiance aveugle dans les méthodes d'estimation de l'âge au décès. Il est vrai que pour les individus morts avant 20 ans, cette estimation est beaucoup plus fiable que celle des sujets adultes. Les méthodes se basent sur la calcification dentaire, l'éruption dentaire et la maturation osseuse. La corrélation avec l'âge de ces indicateurs est d'autant plus forte que l'âge au décès est précoce. Mais aucun test de fiabilité n'étant réalisé pour les méthodes concernant les adultes, l'estimation de l'âge au décès était considérée comme fiable et conduisait ainsi à des interprétations d'ordre paléodémographique, paléoépidémiologique, etc.

Face à ces incohérences, certains chercheurs se sont penchés sur les méthodes d'estimation et, dès lors, leur fiabilité a été remise en question (Masset, 1971, 1975, 1976a, 1976b ; Bocquet-Appel et Masset, 1982). Le débat fut pimenté (Van Gerven et Armelagos, 1983 ; Bocquet-Appel, 1985 ; Piontek et Weber, 1985...) car mettre en doute la détermination de l'âge au décès revenait à douter des théories émises sur les populations du passé.

C'est seulement depuis le début des années 1990 qu'un certain consensus se dégage. Les tests de validité des méthodes se sont développés et les résultats ont bel et bien démontré que les marqueurs du vieillissement sur le squelette humain sont variables, dans le temps et dans

l'espace (Ubelaker, 2000). Les ouvrages anthropologiques récents ne se contentent plus d'énumérer les méthodes d'estimation de l'âge au décès des adultes mais aussi d'en faire la critique (Rösing et Kvaal, 1998 ; Cox, 2000 ; Jackes, 2000). Ils soulignent les difficultés méthodologiques, rappellent la variabilité biologique des indicateurs de chaque méthode et démontrent que la fiabilité des méthodes est faible. L'imprécision de l'estimation de l'âge au décès est donc un fait maintenant admis, même par les plus réticents à cette idée (Buikstra et Konisberg, 1985 ; Konisberg *et al.*, 1989 ; Konisberg et Frankenberg, 1994).

Cette remise en cause de l'estimation de l'âge au décès a conduit les anthropologues à développer différentes stratégies :

- abandonner l'âge individuel précis pour des classements par intervalle chronologique (par exemple : Palfi, 1997 ; Signoli, 1998 ; Alesan *et al.*, 1999 ; Slaus, 2000). Néanmoins, la taille des intervalles, aussi large soit-elle, ne garantit pas la fiabilité de l'estimation.
- distinguer deux classes (20-30 ans et plus de 30 ans, Murail, 1996). Ce choix se base sur la fin de la maturation du squelette, marquée par l'extrémité sternale de la clavicule, dernière pièce osseuse à se souder. Toutefois, de nombreuses études ont montré la variabilité du phénomène, remettant fortement en cause cette dichotomie.

L'estimation de l'âge au décès des individus adultes représente donc, à l'heure actuelle, la pierre d'achoppement de toute recherche en paléoanthropologie (Masset, 1990, 1993 ; Mays, 1998 ; Maples, 1989 ; Cox, 2000 ; Jackes, 2000).

Cadre méthodologique actuel

Les méthodes actuelles se basent sur des indicateurs très anciennement décrits. La première source d'erreur est de considérer que la relation entre l'âge et l'évolution des indicateurs est linéaire. C'est, en fait, un phénomène très irrégulier, très variable. Pour pallier ce manque de fiabilité, une approche multi-factorielle a été proposée, considérant que plus on observe d'indicateurs, plus on a de chance de faire une estimation précise. Mais, jusqu'à présent, les résultats obtenus ne sont pas très concluants. Ne doit-on pas avant d'émettre une telle hypothèse connaître l'évolution des indicateurs les uns par rapport aux autres ?

Les recherches en médecine légale ont considérablement influencé les méthodes appliquées à l'os ancien, particulièrement dans le monde anglo-saxon. La plupart des méthodes pour

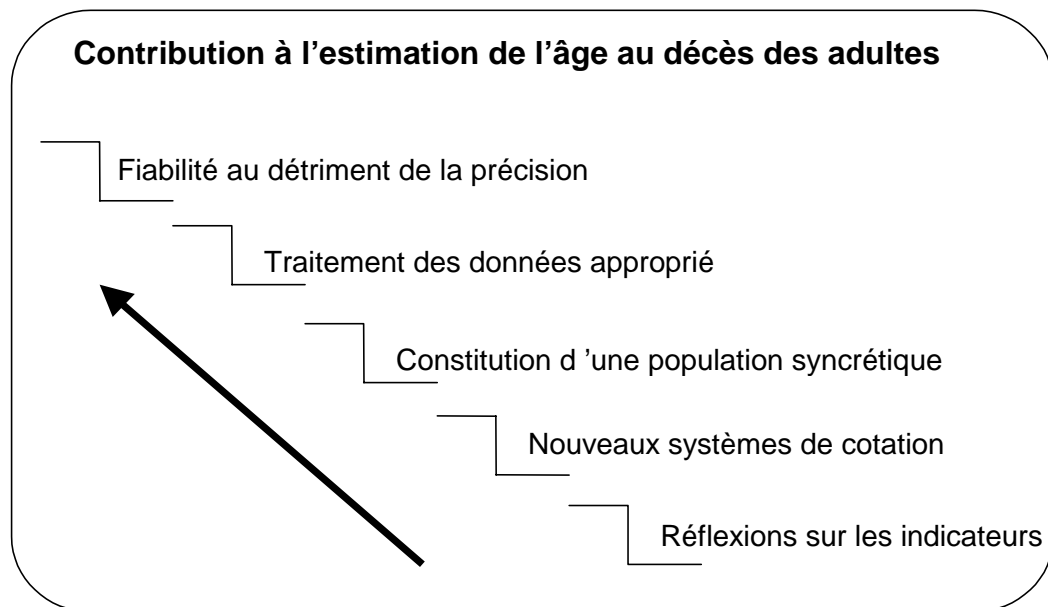
estimer l'âge se sont développées dans le domaine médico-légal (Todd, 1920, 1921, 1923 ; McKern et Stewart, 1957 ; Kerley, 1965 ; Iscan *et al.*, 1984a, 1984b ; Suchey et Katz, 1986). Mais, il est nécessaire de différencier les objectifs de ces deux disciplines. La détermination de l'âge au décès dans le cadre de la médecine légale vise l'identification d'un individu. Contrairement à la recherche paléoanthropologique, il y a, le plus souvent, présomption de plusieurs identités, fournies par les registres de police ; le rôle du médecin légiste étant de confirmer ou non cette identité. Enfin, les squelettes de référence utilisés pour établir les méthodes sont contemporains de ceux des individus autopsiés, minimisant ainsi l'influence de la population de référence.

Considérations préalables

- Il est fort peu probable de trouver de meilleurs indicateurs que ceux utilisés actuellement. Il faut donc se résoudre à travailler avec ceux qui sont déjà exploités. Cependant, les méthodes d'observations sont pour la plupart complexes et engendrent des différences entre observateurs. En effet, lorsque les méthodes sont testées par deux chercheurs différents, les observations ne sont pas systématiquement concordantes, alors que le codage des indicateurs devrait être facilement applicable et reproductible.
- Les référentiels, proposés dans les méthodes d'estimation de l'âge au décès sont très spécifiques : il s'agit d'échantillons provenant d'une seule population. Ces références sont acceptables en médecine légale mais certainement pas dans le cadre d'études de populations anciennes. La phénomène de sénescence varie, en effet, entre populations.
- Ce n'est que depuis peu, que la fiabilité des méthodes d'estimation de l'âge au décès sont testées sur des échantillons indépendants d'âge connu. Or, c'est une condition élémentaire pour vérifier la validité d'une méthode.
- Le traitement des données pour obtenir un système prédictif n'est pas adapté à la nature de ces données. La régression linéaire, par exemple, est largement utilisée alors que ce n'est pas un outil approprié.
- Estimer l'âge individuel des adultes avec fiabilité et précision est une utopie. Ignorer la variabilité au sein d'une même population et entre populations, c'est ignorer le problème majeur des méthodes d'estimation de l'âge au décès des adultes appliquées aux séries archéologiques. Le déclin de l'organisme avec l'âge n'est pas un phénomène simple, invariant et linéaire, il dépend de facteurs extrêmement nombreux et de l'interaction entre les gènes et le milieu environnant.

Objectifs de notre étude

Nous avons conscience de l'ampleur de la problématique constituée par l'estimation de l'âge au décès des adultes. Nous avons décidé de réaliser un travail en amont, en identifiant chaque source de problèmes et en proposant pour chacune d'elle des solutions.



Notre travail est articulé autour de 5 thèmes :

- 1 - Mener une réflexion sur la valeur des indicateurs de l'âge au décès et des sous-caractères impliqués. Pour extraire l'information primordiale qui concerne l'âge, il est nécessaire de comprendre le fonctionnement général de la sénescence et entreprendre une analyse minutieuse des indicateurs d'âge, osseux et dentaires.
- 2 - Privilégier les indicateurs indépendants du sexe quand cela s'avère possible et créer des systèmes de cotation reproductibles et facilement applicables.
- 3 - Créer une population «syncrétique» pour éviter les biais dus à une population de référence spécifique.
- 4 - Utiliser des outils adaptés à la nature de la relation entre âge chronologique et évolution des indicateurs. La statistique traditionnelle n'apparaît pas, en effet, comme la mieux appropriée.
- 5 - Moduler les objectifs de l'estimation de l'âge au décès des adultes. L'âge individuel précis étant une utopie, il est préférable de privilégier la fiabilité au détriment de la précision.

CHAPITRE I
AGE AU DECES DES ADULTES :
APPROCHE THEORIQUE

Pour aborder l'estimation de l'âge au décès et tenter de trouver des éléments nouveaux qui puissent servir en paléanthropologie, il faut au préalable comprendre le phénomène du vieillissement d'un point de vue biologique et démographique. Comment vieillit-on ? Pourquoi ? Quel rôle le vieillissement joue-t-il sur la mortalité ?

C'est en reconnaissant les particularités du vieillissement que nous serons capables de proposer des directions de recherches nouvelles avec des outils de traitement de données appropriés.

A - GENERALITES SUR LA SENESCENCE

A1 - VIEILLISSEMENT ET SENESCENCE : SYNONYMES OU PHENOMENES DIFFERENTS

Vieillissement et sénescence sont des termes souvent interchangeés dans la littérature scientifique. Il est nécessaire, au début de ce travail, d'en préciser le sens. Le vieillissement est un terme élastique qui a de multiples connotations biologiques et sociales. Biologiquement parlant, le vieillissement est un phénomène continu, de la vie embryonnaire à la mort (Riley, 1979 ; Susanne, 1986). C'est, en quelque sorte, le fait d'exister à travers le temps (Harper et Crews, 2000). Certains définissent le vieillissement comme la période succédant à la croissance d'un individu (Crubézy *et al.*, 1993) et la sénescence comme le processus physiologique du vieillissement. Or, si la sénescence est le processus physiologique du vieillissement, qu'est ce que le vieillissement, si ce n'est un terme chronologique. Si l'on conçoit l'ontogénie comme l'histoire des transformations structurelles d'une unité, la sénescence en est une partie intégrante.

On peut par souci de clarté, diviser la vie d'un individu en trois phases : le développement, la période reproductive et la sénescence (Cutler, 1975). Le développement est la progression de changements quantitatifs ou qualitatifs qui conduit un état indifférencié à une forme mature, intègre et hautement organisée. La maturation est l'acquisition des capacités fonctionnelles des organes et de l'organisme entier (Bogin, 1993). Après le développement et la période reproductive, l'organisme subit la sénescence (Harper et Crews, 2000).

La sénescence est un déclin progressif, irréversible, universel et cumulatif (Arking, 1998). C'est un affaiblissement progressif et généralisé de la fonction des organismes, due à une détérioration physiologique interne (Rose, 1991). La sénescence diminue la capacité à

maintenir l'homéostasie (Finch, 1994), engendre une perte de réponse adaptative au stress et, par conséquent augmente le risque de contracter des maladies liées à l'âge (Kirkwood, 1995). Finalement, la sénescence augmente la probabilité de mourir (Comfort, 1979 ; Harper et Crews, 2000).

A2 - L'ORIGINE DE LA SENESCENCE

A quoi est due cette détérioration de l'organisme après la période reproductive ? L'hypothèse selon laquelle un gène spécifique provoquerait la sénescence est désormais obsolète (Kirkwood, 1995 ; Schächter, 1998 ; Vaupel *et al.*, 1998 ; Ulijaszek, 1999). Les études sur le phénomène de vieillissement accéléré (Brown, 1987 ; Albin, 1988 ; Dyer et Sinclair, 1998) montre qu'un seul gène ne peut provoquer le phénomène complexe de la sénescence.

Trois théories sur la cause de la sénescence sont actuellement testées :

- la force de la sélection naturelle dans les âges avancés, est trop faible pour éviter les effets délétères dus à l'accumulation de mutations (Medawar, 1952 ; Kirkwood, 1981).
- pour qu'une espèce survive, ses membres doivent se reproduire. On suppose donc que la sélection naturelle est intense aux âges précoces et qu'elle avantage les allèles qui ont des effets bénéfiques pour mener à maturation sexuelle et garantir le succès reproducteur. Mais ces allèles bénéfiques peuvent avoir des effets délétères à un âge plus avancé. Il s'agit de la pléiotropie antagoniste (Williams, 1957 ; Charlesworth, 1980 ; Rose, 1985, 1991). Cette théorie est surtout étayée par des études sur les *Drosophilae* (Rose et Charlesworth, 1981 ; Rose, 1984 ; Luckinbill *et al.*, 1984, 1987).
- l'énergie minimale nécessaire pour le maintien, la réparation, et la survie des cellules non reproductrices demanderait un coût énergétique trop élevé (Kirkwood et Holliday, 1986). L'investissement de l'organisme dans la maintenance du soma serait donc limité. Le succès reproducteur primerait au dépens de la longévité individuelle (Hayflick, 1998 ; Kirkwood et Ritter, 1998). Passé l'âge de la reproduction, la capacité à résister au stress diminuerait et conduirait inéluctablement au décès (Kirkwood, 1987). La sénescence serait alors le résultat d'une accumulation de défauts et de lésions somatiques. Si les fonctions courantes de réparation et de maintien des cellules sont moins bien contrôlées, cela induit une défaillance graduelle des fonctions physiologiques.

Ces trois théories ne sont pas exclusives les unes aux autres. Grâce au progrès sur l'analyse du génome humain, elles seront bientôt étayées ou controversées. La recherche se dirige sur

l'étude des bases génétiques, à l'origine de résistance inhabituelle à des phénomènes de sénescence spécifique (Martin et Oshima, 2000).

Les analyses sur la sénescence dans le domaine de la biologie moléculaire sont également florissantes. Plusieurs études ont montré récemment que la prolifération des cellules diminue à cause du raccourcissement des télomères (Harley *et al.*, 1990 ; Levy *et al.*, 1992 ; Allsopp *et al.*, 1992 ; Bodnar *et al.*, 1998). Les télomères sont des séquences simples de répétition hexamétriques de nucléotides TTAGGG (Moyzis, 1991). Ils constituent la partie caudale des chromosomes ; durant la division cellulaire, ils aident à stabiliser ces derniers. Dans les cellules vieillissantes, l'activité télomérase est réduite, ce qui entraîne le raccourcissement des télomères et une réduction de la division cellulaire. Les cellules cancéreuses expriment une enzyme télomérase qui empêche ce raccourcissement (Greider et Blackburn, 1985).

La sénescence des cellules sous-tend celle de l'organisme. Cela ne signifie pas pour autant que le raccourcissement des télomères est la cause unique de la sénescence (Banks et Fossel, 1997). La complexité d'assigner des causes dans un système biologique engendre des confusions et des désaccords inévitables (Fossel, 2000).

A3 - SENESCENCE, NORMALITE ET PATHOLOGIE

Après la période reproductive, il y a beaucoup de changements, sans influence sur la santé des individus ou qui n'augmentent pas la probabilité de mourir. Personne n'est jamais mort de la ménopause, d'avoir les cheveux gris ou la peau ridée (Susanne, 1986 ; Hayflick, 1998). Or ces phénomènes résultent de la détérioration des tissus et sont aussi des processus de sénescence, mais ils ne conduisent pas à des pathologies. Il n'est pas facile de séparer les effets inertes de la sénescence de ceux qui ont pour conséquence la maladie. Les maladies chroniques telles que les maladies cardiaques, les lésions du système nerveux central, l'ostéoarthrose, l'athérosclérose, sont des maladies liées à la sénescence. Elles débutent par des changements microscopiques au niveau des cellules et des organes dont la progression précède les symptômes réels de la maladie (Susanne, 1986). Il est difficile également d'établir une distinction conceptuelle entre la sénescence « normale », phénomène universel, et les maladies spécifiques qui affectent les personnes à des degrés divers (Brody et Schneider, 1986 ; Horan et Pendleton ; 1995 ; Kaczmarek et Szwed, 1997 ; Kirkwood et Ritter, 1998). Sénescence et pathologie sont indissociables (Crubézy *et al.*, 1993). La sénescence induit des pathologies et ces pathologies accélèrent la sénescence. Ces deux processus sont étroitement

liés. L'incidence des maladies augmentent avec l'âge, la relation sénescence/maladie pourrait aussi s'analyser dans un sens épidémiologique (Fossel, 2000).

La vision d'Isan et Loth (1986), selon laquelle on peut séparer le dégénérescence normale et anormale pour identifier le véritable effet de l'usure du squelette est une utopie. Même la compréhension de l'effet des gènes, des maladies, de la diète, des fonctions endocrines, des activités physiques ne nous permettra pas de les quantifier, tout au plus, elle ne fera que démontrer l'interaction de ces nombreux paramètres. De plus, les notions de normalité et d'anormalité sont très ambiguës. En médecine, ce qui définit la normalité est l'absence de souffrance (Scadding, 1959 ; Campbell *et al.*, 1979). Mais, la définition de la souffrance est extrêmement subjective. La normalité est également envisagée selon une approche statistique. La limite de probabilité à 95% constitue la fourchette de normalité la plus utilisée dans le domaine médical. Deux définitions peuvent être retenues. La normalité est ce qui est courant ; et en ce qui concerne la probabilité de décéder, ce qui est normal prédispose à la longévité (Koeslag, 1993).

A4 - SENESCENCE ET RISQUE AU DECES

Si le décès d'un individu ne résulte pas d'un accident, la mort peut résulter d'un stress mésologique trop grand par rapport à la vitalité de l'organisme (Susanne, 1986 ; Schächter, 1998). En effet, au niveau individuel, la sénescence se traduit par des changements délétères qui se produisent dans la période post-reproductrice. On observe un déclin graduel des différentes fonctions du corps (Kirkwood et Ritter, 1998) qui sont moins aptes à supporter le stress. C'est en ce sens, que l'on peut dire que la mort naturelle résulte d'une cause extrinsèque (un stress, une maladie...).

A un niveau populationnel, les changements délétères affectent la capacité des organismes à survivre, ce qui se manifeste en un taux de décès spécifique à l'âge. Le concept de sénescence au niveau populationnel doit être considéré en terme de modèle de survivance (Comfort, 1979 ; Kirkwood, 1986 ; Rose, 1991). Avec l'âge, il y a augmentation de la probabilité de mourir. En effet, en dehors des morts accidentelles et des maladies infectieuses, c'est la sénescence qui mène au décès. La baisse des capacités fonctionnelles de l'organisme chez une individu, a pour conséquence une diminution des capacités adaptatives au stress et conduit tôt ou tard au décès (Susanne, 1986), même si la capacité de survivance de l'individu est élevée.

Or, rien est universel chez l'Homme (Harper et Crews, 2000), la vitesse de la sénescence et son ampleur varient d'un individu à l'autre.

Le risque au décès varie entre individus, ceux-ci ne sont pas égaux face à l'interaction gènes-milieu environnant. Une population archéologique est constituée d'un mélange inconnu d'individus dont la fragilité et la susceptibilité d'être malade et de décéder sont variables : il s'agit donc d'une mortalité sélective dont l'hétérogénéité est cachée (Wood *et al.*, 1992b). Dans une série de squelettes de cimetière, nous n'avons jamais un échantillon de tous les individus qui risquaient d'être malades ou de mourir à un âge donné, mais seulement ceux qui sont décédés à cet âge. Les sujets de 20 ans que l'on observe dans les échantillons sont ceux qui sont morts à 20 ans. Alors que nous pouvons trouver des squelettes de beaucoup d'autres individus qui risquaient de mourir à 20 ans mais qui sont morts plus tard. Les cimetières sont constitués de sujets qui étaient les membres de la communauté qui réunissaient le plus de risques de mourir dans une cohorte, à un âge donné (Cook et Buikstra, 1990). Le but initial de Wood et de ses collègues (1992b) est de souligner la complexité de l'interface entre démographie et pathologie. Les marqueurs de stress indiquent-ils une capacité à combattre le stress plutôt qu'une augmentation du stress. Autrement dit, les squelettes avec des marqueurs de stress montrent-ils une capacité à survivre plus longtemps ou sont-ils la preuve de conditions de vie difficiles ? Cette notion de paradoxe ostéologique a été beaucoup critiquée (Goodman, 1993 ; Cohen, 1994 ; Byers, 1994). Mais ce concept met l'accent sur l'hétérogénéité des individus et des populations, en terme de fragilité physiologique et de risque de mortalité (Jackes, 1993). Les plus fragiles meurent en premier, laissant une population résiduelle, qui avec le temps représente une sous-population, constituée des individus les plus résistants (Kirkwood et Austad, 2000). Cette hétérogénéité est cachée, elle peut biaiser les résultats des analyses de la mortalité (Vaupel et Yashin, 1985, Wood *et al.*, 1992a). En démographie, l'hétérogénéité parmi les non-survivants a plusieurs origines : le patrimoine génétique et le statut socio-économique différents. Ce facteur influence la mortalité par la différence en nutrition, la différence dans le développement des individus et l'exposition aux agents infectieux (Milner *et al.*, 2000).

Les études sur l'estimation de l'âge au décès ne doivent pas perdre de vue que les individus inhumés, en dehors de ceux décédés à la suite de maladies infectieuses ou d'accident, sont ceux dont la capacité de survie s'est avérée insuffisante à un moment de leur vie, moment extrêmement variable entre individus. Ce paramètre est fondamental dans les études paléobiologiques sur les populations anciennes.

A5 - CONCLUSION

Le vieillissement est un processus qui commence à la conception de l'organisme et s'achève à son décès. La sénescence est le déclin des facultés de l'organisme à répondre au stress. L'une des difficultés majeures de l'étude de la sénescence est l'absence de marqueur biologique. On ne peut établir un phénotype de sénescence. Elle est le résultat de processus différents, déterminés par un grand nombre de gènes. Chaque individu présente un mode de sénescence qui dépend de son hérédité et de ses expériences environnementales (Suzman *et al.*, 1992). C'est donc un phénomène extrêmement variable entre individus et entre populations. De plus, la sénescence et la pathologie interagissent ; il n'y a pas de sénescence normale, ni de sénescence anormale. En revanche, la sénescence conduit inexorablement et universellement au décès, mais de façon tout à fait hétérogène.

B - VARIABILITE DES INDICATEURS OSSEUX

Avant de discuter l'intérêt des méthodes d'estimation de l'âge au décès des adultes en paléoanthropologie, il apparaît nécessaire de montrer la variabilité des indicateurs qui en sont la base.

Les méthodes d'estimation de l'âge au décès des adultes s'appuient sur des restes osseux et dentaires. Ces méthodes se basent surtout sur des indicateurs de la sénescence, exception faite de la synostose des sutures crâniennes et de la modification de la symphyse pubienne qui s'apparente, en partie, à des processus de maturation osseuse.

B1 - LA SYNOSTOSE DES SUTURES CRANIENNES : UN CAS PARTICULIER

L'origine de la synostose des sutures crâniennes reste un phénomène inexpliqué (Cohen, 1993). L'utilisation de leur synostose pour estimer l'âge au décès se base sur l'hypothèse qu'il s'agit d'un processus progressif normal, ce qui n'est pas prouvé (HersHKovitz *et al.*, 1997). Sperino (1931) supposait que la synostose sur les sujets matures est un phénomène pathologique. Les sutures ouvertes ne sont en fait que la condition anatomique originale (Cohen, 1993). Mais, de nombreux crânes de sujets jeunes dans les séries ostéologiques présentent une synostose avancée ou complète, alors que de nombreux crânes de sujets âgés possèdent des sutures ouvertes. On peut dès lors se demander si l'absence de synostose des sutures crâniennes n'est pas un phénomène favorable à une survie prolongée (Périzonius, 1984 ; Key *et al.*, 1994).

La synostose des sutures crâniennes est un phénomène intrinsèque (Moss, 1960 ; Bradley *et al.*, 1996, 1997). Les cellules de la dure-mère et de l'os sutural sont en relation étroite par le biais de facteurs de croissance (Holloway *et al.*, 1995, Opperman *et al.*, 1997, Most *et al.*, 1998 ; Levine *et al.*, 1998a, 1998b). C'est au niveau de ces facteurs de croissance que se joue le phénomène de synostose. Il faut noter que la synostose se produit de façon discontinue, c'est à dire qu'il y a une succession de formation et de résorption avant une fermeture définitive (Persson, 1978 ; Verhulst et Onghena, 1997).

La synostose crânienne est-elle un phénomène courant ou s'agit-il d'un dysfonctionnement ? Cela reste à éclaircir. La dure-mère peut déclencher le phénomène de synostose, mais les

facteurs qui animent la dure-mère sont-ils génétiques et/ou environnementaux ? Les ostéoblastes des sutures coronales fusionnées chez l'Homme montrent des indices d'altération du métabolisme cellulaire (Pensler *et al.*, 1995). La synostose des sutures crâniennes pourrait être le résultat d'un dysfonctionnement du métabolisme cellulaire, ce qui expliquerait que les individus sont touchés de façon très variable. Cependant, d'après des études expérimentales sur les animaux, une suture se ferme parce qu'elle n'est pas stimulée fonctionnellement (Watanabe *et al.*, 1957 ; Miyawaki et Forbes, 1987). Le phénomène de la synostose des sutures crâniennes est une énigme. L'hypothèse fonctionnelle paraît la plus logique. La raison d'être des sutures est de permettre le développement du cerveau, une fois que celui-ci est achevé, les sutures de la voûte crânienne n'ont pas d'utilité particulière. Cependant, le fait que les individus âgés ont souvent les sutures ouvertes ne va pas dans le sens de cette hypothèse. Il serait intéressant de savoir si la synostose des sutures crâniennes est liée à d'autres dérèglements de l'organisme, comme c'est le cas pour les synostose précoces qui sont associées à des désordres congénitaux (David *et al.*, 1982).

L'utilisation d'un phénomène biologique mal connu comme indicateur d'âge au décès est hasardeuse. Masset (1982) soulignait, à juste titre, que la relation entre l'âge et la fermeture des sutures est purement statistique. Il y a une différence nette entre ce phénomène et les autres indicateurs de l'âge. Pour ces derniers, comme nous allons le voir, l'évolution avec l'âge est variable, mais ces indicateurs ne demeurent jamais dans leur état initial, ils évoluent inéluctablement avec l'âge, alors que les sutures crâniennes peuvent rester ouvertes.

Les indicateurs de la sénescence utilisés pour estimer l'âge au décès à partir de l'os sont :

B2 - le remodelage du tissu osseux

B3 - les phénomènes dégénératifs de certaines surfaces articulaires

Les observations des indicateurs qui se font directement sur la dent ou sur os sec sont des observations macroscopiques. Lorsque les indicateurs nécessitent l'élaboration de lames histologiques, les observations se font par microscope.

B2 - LE REMODELAGE DU TISSU OSSEUX

Le remodelage du tissu osseux est utilisé comme indicateur d'âge. L'os est un tissu dynamique sujet à des réparations et des remodelages constants, en réponse à des stress ou des *stimuli*. Avec l'âge, l'équilibre entre le taux de formation et de résorption osseuse est rompu. Ce déséquilibre, considéré comme un indicateur de l'âge au décès peut s'étudier de deux façons. On peut observer l'os spongieux de l'épiphyse des os longs, de la clavicule ou du calcaneus (Schranz, 1959 ; Acsádi et Nemeskeri, 1970 ; Bergot et Bocquet, 1976 ; Walker et Lovejoy, 1985) pour quantifier la perte osseuse. On peut aussi observer les structures corticales microscopiques (Kerley, 1965). Avec l'âge, la formation des ostéons a tendance à augmenter et les lamelles interstitielles originelles, à se résorber. Bien que ces indicateurs soient différents, ils ne sont pas moins le résultat d'un même phénomène biologique : le déséquilibre du remodelage osseux, qui finit par causer une diminution du capital osseux (Chumlea et Guo, 1999). Or cette perte osseuse, bien qu'universelle et conduisant le plus souvent à l'ostéoporose chez l'être humain n'en est pas moins variable entre individus, sexes, et populations. En effet, selon les études, on observe une variation de la relation entre l'âge et la taille des ostéons, la taille des canaux haversiens et la densité des ostéons type II¹ (Robling et Stout, 2000).

a) la perte osseuse

La plupart des travaux sur la perte du tissu osseux sont réalisés de façon transversale ce qui ne permet pas de savoir si elle est commune à tous les individus, si son ampleur est la même pour tous et si le rythme de la perte osseuse est constant ou fluctuant chez un même individu. Le stade ultime de la perte osseuse est l'ostéoporose. L'ostéoporose est une maladie caractérisée par une masse osseuse basse qui fragilise l'os, ce qui augmente le risque de fracture. La perte osseuse est influencée par de multiples facteurs. Elle dépend en grande partie de la masse osseuse maximale acquise durant la croissance (Matkovic *et al.*, 1994). Or, l'accumulation osseuse pendant l'adolescence est, elle-même, contrôlée par l'interaction complexe de facteurs génétiques (Pollitzer *et al.*, 1989 ; Livshits *et al.*, 1998 ; Bachrach *et al.*, 1999 ; Deng *et al.*, 1999 ; Rizzoli et Bonjour, 1999), hormonaux (Frost, 1988) et environnementaux (Bogin, 1988 ; Eveleth et Tanner, 1990 ; Simons, 1990 ; Davis *et al.*, 1999 ; Lane *et al.*, 2000 ; McKay *et al.*, 2000). La masse osseuse de départ d'un individu à l'autre est donc très variable.

¹ Les ostéons type II possèdent des traces de remodelage en réponse à des demandes minérales pour maintenir l'homéostasie.

La perte osseuse est également variable entre populations. A titre d'exemple, les adultes noirs-américains possèdent une densité musculaire et osseuse plus élevée que celle des blancs américains (Gilsanz *et al.*, 1991 ; Parfitt *et al.*, 1997) et une vitesse de remodelage moins rapide (Weinstein et Bell, 1988 ; Han *et al.*, 1997). La masse osseuse des Japonais est plus basse que celle des Européens mais la perte osseuse est plus lente (Dennison *et al.*, 1998). Les recherches menées sur le rôle des gènes dans la perte osseuse ne concordent pas d'une population à l'autre (Giguere et Rousseau, 2000 ; Langdahl *et al.*, 2000).

La différence de perte osseuse entre sexe est importante. Outre la gestation et la lactation qui perturbent et augmentent le remodelage osseux chez la femme (Martin *et al.*, 1981 ; Lazenby et Pfeiffer, 1994), la raréfaction osseuse est plus importante chez la femme que chez l'homme (Seeman 1997, Feik *et al.*, 1997) particulièrement à la ménopause (Nutti et Martini, 1993 ; Peterlik, 1997). Lors de la ménopause, les œstrogènes qui jouent un rôle clé dans le maintien de la masse osseuse des femmes adultes en maintenant l'équilibre entre l'activité des ostéoblastes et ostéoclastes, diminuent. Le remodelage osseux augmente de façon déséquilibrée, en faveur de la résorption (Nordin et Polley, 1987). Cependant, si à partir de la ménopause, la perte osseuse est plus importante chez la femme, son ampleur n'en est pas moins variable selon les individus. De plus, l'âge de la ménopause est lui aussi variable selon les femmes et les populations (Pavalka et Fedigan, 1991). La perte osseuse chez l'homme s'accélère aussi avec l'âge (Szulc *et al.*, 2000) mais elle est associée à un déséquilibre induisant une diminution de la formation osseuse.

b) remodelage osseux et activités physiques

Les contraintes mécaniques agissent sur le remodelage des os (Bridges, 1989 ; Pocock *et al.*, 1989 ; Burr *et al.*, 1990 ; Frost, 1997). Les activités physiques diminuent le taux de remodelage (Frost, 1985 ; Frost, 1987 ; Jiang *et al.*, 1999). Il y a d'ailleurs des différences dans le taux de remodelage et de densité osseuse entre les différents os du squelette (Bergot et Bocquet, 1976 ; Walker et Lovejoy, 1985 ; Buckardt et Michel, 1989 ; Stout et Luek, 1995 ; Boyde et Kingsmill, 1998 ; Kingsmill et Boyde, 1999 ; Feik *et al.*, 2000), phénomène lié en partie aux contraintes mécaniques exercées sur l'os (Ruff et Hayes, 1982). Cette variation histologique a été observée dans des études transversales et longitudinales (Pfeiffer *et al.*, 1995).

L'absence d'activités chez les personnes âgées augmente la perte osseuse et les risques d'ostéoporose (Pocock *et al.*, 1989 , Rudman *et al.*, 1994). L'effet positif de l'exercice sur la densité osseuse est prouvé (Sinkin *et al.*, 1987).

c) remodelage osseux et nutrition

La nutrition est un facteur important de la perte osseuse. Une déficience nutritive est susceptible d'augmenter le remodelage osseux. Un régime pauvre en protéines et une malnutrition générale induisent une perte osseuse (Garm *et al.*, 1964). La diète pauvre en calcium et en fer a pour conséquence un remodelage osseux et une diminution du capital minéral de l'os (Stout et Simmons, 1979a). En effet, l'organisme puise dans sa réserve osseuse pour répartir les minéraux dans les systèmes où ils sont déficients. Une diète pauvre en calcium et élevée en phosphore induit une perte osseuse, due à une altération hormonale de l'hormone parathyroïdienne (Calvo *et al.*, 1990).

d) conclusion

Le remodelage de l'os spongieux et cortical se déséquilibre avec l'âge par l'effet de facteurs génétiques et environnementaux. La perte osseuse induite par ce déséquilibre dépend également de la masse osseuse de départ, elle même induite par l'interaction de facteurs génétiques et environnementaux. Le cortex peut être remodelé et les traces du remodelage précédent cachées par le nouveau remodelage.

Le remodelage osseux et la perte osseuse s'avèrent donc très variables selon le sexe, l'individu et la population (Robling et Stout, 2000). Cette variabilité ne peut que perturber la corrélation entre l'âge civil, chronologique et l'âge du squelette.

B3 - PATHOLOGIES DEGENERATIVES DES ARTICULATIONS

Les premières observations et standards établis sur le squelette pour déterminer l'âge au décès, outre les sutures crâniennes, ont été faites sur les articulations, notamment la symphyse pubienne (Todd, 1920,1921) et les articulations vertébrales (Stewart, 1957).

La pathologie dégénérative regroupe deux types de lésions : celles qui se produisent sur la surface articulaire, communément appelée **ostéoarthrose**, celles qui se situent dans les zones d'insertion des ligaments et des tendons, l'**enthésopathie** (Crubézy, 1998).

a) l'arthrose

On ne doit pas confondre l'arthrose avec l'arthrite (confusion dans la langue anglaise) qui est une inflammation synoviale (Ryckwaert, 1989). L'arthrose, elle, est une altération du cartilage articulaire. Le cartilage est un tissu conjonctif spécialisé. Il est composé de chondrocytes et d'une matrice extra-cellulaire constituée d'une substance fondamentale rigide, non minéralisée et très hydratée. Le cartilage n'est jamais vascularisé. Les articulations synoviales sont recouvertes de cartilage hyalin et les articulations cartilagineuses tels que la symphyse pubienne et les disques intervertébraux sont recouverts de cartilage fibreux.

Les cellules cartilagineuses diminuent avec l'âge, particulièrement dans les niveaux superficiels. Les lésions dégénératives du cartilage peuvent provenir de surmenage fonctionnel, d'inflammation articulaire ou de troubles métaboliques qui peuvent aussi modifier sa fonction et sa structure (Fassbender, 1986 ; Hamerman, 1992 ; Ravaud et Auleley, 1996 ; Hering, 1999 ; Horiuchi *et al.*, 1999). L'hypothèse d'un problème de reconnaissance des protéines du cartilage par les cellules du système immunitaire à la suite d'une mutation expliquerait la fréquence croissante de l'arthrose. Le cartilage étant isolé du système sanguin, il serait considéré par les cellules immunitaires comme étranger (Peyron et Altman, 1992).

Le diagnostic de l'arthrose est avant tout radio-clinique (Lagier, 1987). Sont observés, la détérioration du cartilage, les remaniements intrinsèques et extrinsèques de l'os subchondral et les remaniements extrinsèques capsulo-synoviaux.

Sur os sec, on observe les porosités (pittings), les géodes et les ostéophytes. L'attrition complète du cartilage provoque une réponse ostéoblastique de l'os subchondral (sclérose) ainsi qu'une attrition mécanique qui induit un polissage de la surface articulaire (Ortner et Putshar, 1981).

Les atteintes sur l'os ont longtemps été considérées comme le résultat d'un processus progressif. On sait désormais qu'en ce qui concerne l'évolution des articulations avec le vieillissement, il y a interaction entre sénescence et maladie. La notion de pathologie dégénérative est une expression qui illustre bien le fait que la pathologie et la sénescence sont étroitement liées. Il n'y a pas de séparation claire entre la sénescence et les pathologies dégénératives des articulations (Ortner et Putschar, 1981 ; Pullar et Wright, 1991.). L'ostéoarthrose est si fréquente chez le vieillard qu'on tient souvent pour acquis que ce n'est pas une maladie en soi mais un phénomène inévitable du vieillissement. Mais, tous les individus ne sont pas atteints d'arthrose avec l'âge. De plus, les pathologies dégénératives ne sont pas nécessairement associées à la sénescence (Susanne, 1986). L'origine de l'arthrose est peu claire, on parle surtout de facteurs de risque, qui sont nombreux et variés, ils sont mécaniques (Menkes, 1995), constitutionnels et génétiques (Peyron, 1987 ; Resnick et Niwayana, 1988).

Le statut de l'ostéoarthrose est ambigu. L'ostéoarthrose est un désordre distinct de la sénescence mais la sénescence est un facteur de risque (Kirkwood, 1997b).

b) les enthésopathies

L'enthésopathie est « une modification pathologique par rapport à la normale, et présente souvent des traces osseuses car l'os immédiatement sous-jacent à une enthèse est le siège d'une activité physiologique et d'un remaniement particulièrement marqué » (Lagier, 1991). La plupart des enthésopathies sont d'origine dégénérative. Ce sont des micro-ruptures des fibres tendineuses soumises à des surcharges mécaniques répétées suivies d'un processus de réparation (Paolaggi *et al.*, 1984). Les principaux facteurs de risques sont mécaniques, constitutionnels et génétiques (Fournié, 1993). La calcification des enthèses peut être liée à l'âge ; elles se manifestent chez les sujets hyperostosiques (Arlet et Mazières, 1985 ; Resnick et Niwayama, 1988). Elles peuvent dans certains cas représenter de bons marqueurs d'activités (Dutour, 1986 ; Waldron, 1994). Mais, les affections dégénératives et métaboliques peuvent tromper le diagnostic (Dutour, 1992).

c) les articulations et l'âge

Pour l'estimation de l'âge au décès à partir de l'os, ce sont surtout les articulations peu mobiles qui sont utilisées. Le terme d'arthrose est surtout utilisé en paléoanthropologie pour les atteintes dégénératives sur les articulations mobiles de type synoviale mais, les atteintes sur les articulations telles que la symphyse pubienne, la surface auriculaire de l'*ilium*, l'extrémité sternale des côtes, sont également des pathologies dégénératives. Cependant, l'arthrose ne prend pas la même forme selon les articulations. Sur les articulations mobiles, telle que l'articulation coxo-fémorale, l'os subit une destruction sous forme de porosités, voire un polissage. Dans ce cas, l'hypertrophie du tissu osseux est peu commune. En revanche, pour les articulations peu mobiles, telles que les articulations entre corps vertébraux, les bords s'hypertrophient (Cunha, 1996), la destruction est, en effet, moins commune (Ortner et Putshar, 1981).

L'utilisation des pathologies dégénératives comme indicateur d'un âge chronologique précis est compromise. On recherche surtout l'articulation pour laquelle l'âge va avoir le plus d'influence, mais on ne peut pas nier l'influence du patrimoine génétique et des facteurs de risque. C'est la raison pour laquelle on prête plutôt attention aux articulations peu mobiles. Celles-ci souffrent moins de troubles mécaniques que les articulations mobiles, qui sont sujets à plus de mouvements et donc à l'usure. On préfère ainsi les articulations cartilagineuses (telles que la symphyse pubienne ou la surface auriculaire de l'*ilium*) et les articulations fibreuses (telle que l'extrémité sternale des côtes) plutôt que les articulations synoviales.

L'arthrose de la colonne vertébrale a été proposée comme indicateur d'âge, notamment la formation de lèvres sur le bord des articulations (Stewart, 1958 ; Howells, 1965). Les résultats ne furent pas concluants. La corrélation à l'âge est limitée et la formation osseuse n'est pas systématique avec l'âge, d'autres facteurs entrent en jeu (Molleson et Cox, 1993). Des changements surviennent à cause des modifications du stress sur l'articulation (Vernon-Roberts et Pirie, 1977 ; Bywaters, 1982).

L'arthrose des os de la main a aussi été proposée comme indicateur d'âge (Kellgren et Lawrence, 1957 ; Kobylansky *et al.*, 1995 ; Karasik *et al.*, 1998, 2000a, 2000b). Il y a une formation d'exostoses à l'attache des muscles *flexor* et *extensor* des phalanges distales. Des études longitudinales (Hochberg *et al.*, 1991, 1994) montrent que l'âge est un déterminant

unique de l'ostéoarthrose de la main. Toutefois, son utilisation comme indicateur d'âge souffre de biais méthodologiques (voir chapitre II).

Modification de la morphologie de la symphyse pubienne avec l'âge

L'évolution de la symphyse pubienne avec l'âge peut se résumer à 3 phases : une phase pré-épiphysaire, une phase « d'épiphysation » active et une phase dégénérative (Meindl et al., 1985 ; Molleson et Cox, 1993). Chez les immatures, la symphyse pubienne est constituée de crêtes et de sillons, caractéristique des structures métaphysaires. Avec l'âge, ces reliefs disparaissent et donnent place à des nodules osseux. Les changements morphologiques de la face sont accompagnés par la formation du rempart ventral. Chez les sujets jeunes, le bord antérieur correspond au bord de la surface antérieure du pubis. Pendant la maturation de l'épiphyse, une surface étroite apparaît entre la surface de la symphyse et le bord antérieur (Hanihara et Suzuki, 1978). Il est orienté de dedans vers l'avant et en dehors vers l'arrière. Il se développe du bas vers le haut.

L'acquisition du rempart ventral fait partie du processus de maturation de la symphyse pubienne. Cette partie se synostose chez certains primates (Meindl *et al.*, 1985) et induit une fusion des deux symphyses. Le rempart apparaît de façon variable avec l'âge, entre 20 et 40 ans (Todd, 1920, 21 ; Acsádi et Nemeskeri, 1970 ; Suchey, 1979a ; Meindl *et al.*, 1985 ; Katz et Suchey, 1986 ; Brooks et Suchey, 1990).

L'intérêt de la symphyse pubienne pour estimer l'âge au décès réside dans sa maturation tardive. La maturation est moins variable que les processus dégénératifs qui lui succèdent. A partir de 40 ans, les changements de la symphyse pubienne sont aléatoires, surtout chez la femme (Bocquet-Appel *et al.*, 1978 ; Meindl *et al.*, 1985, Suchey *et al.*, 1986 ; Baccino *et al.*, 1991 ; Lovejoy *et al.*, 1995).

Modification de la surface sacro-pelvienne iliaque² avec l'âge

La nature de l'articulation sacro-pelvienne et de son cartilage est sujet à controverse. Cette articulation est moins bien connue que les articulations de même taille (Bellany *et al.*, 1982). La difficulté rencontrée lors de la dissection en est une raison majeure. L'intégrité de la surface dépend de l'apposition étroite de l'articulation sacroiliaque et de la force des ligaments associés (Vleeming *et al.*, 1990a, 1990b). Le relief global sacral est excavé, le relief

² Il s'agit ici du complexe de la surface auriculaire de l'*ilium* et de la tubérosité iliaque, c'est la raison pour laquelle nous la nommons surface sacro-pelvienne iliaque.

iliaque convexe. La disposition est réciproque mais pas parfaitement symétrique, auquel cas tout mouvement serait impossible (Sureau, 1959). Or l'articulation sacro-iliaque peut subir des mouvements de nutation (l'extrémité inférieure du sacrum s'incline en avant) et d'antinutation. L'amplitude des mouvements de cette articulation est toutefois limitée (Brooke, 1924 ; Sashin, 1930 ; Schunke, 1938 ; Mc Donald et Hunt, 1952 ; Resnick *et al.*, 1975). L'articulation sacro-iliaque transmet la pression du poids du corps de la colonne aux membres inférieurs et vice-versa pendant la marche (Harrison *et al.*, 1997). Elle subit des contraintes de cisaillements considérables et seraient rapidement en rupture de continuité si des structures, fibreuses solides et musculaires ne rétablissaient l'équilibre (Bonnel *et al.*, 1992).

La classification de l'articulation sacro-pelvienne est diverse. Elle est considérée soit comme synoviale (Shunke, 1938 ; Lavignole *et al.*, 1994 ; Guermazi, 1997), soit comme cartilagineuse et synoviale (Zheng *et al.*, 1997), atypique côté iliaque (Paquin *et al.*, 1983). La difficulté de cette classification vient du fait que l'articulation sacro-pelvienne est en partie une syndesmose au niveau du ligament interosseux et synoviale au niveau des surfaces articulaires (Walker, 1992). C'est une articulation synoviale au sens propre, compte tenu de la nature du cartilage mais elle fonctionne comme une articulation cartilagineuse, c'est en effet une articulation peu mobile.

La nature du cartilage iliaque ne fait pas l'unanimité non plus. Selon certaines études, il s'agit de cartilage fibreux (Schunke 1938 ; Mac Donald *et al.*, 1952 ; Solonen, 1957, Egund *et al.*, 1978 ; Bowen *et al.*, 1981 ; Resnick, 1981 ; Bernard *et al.*, 1991 ; Wybier *et al.*, 1994), selon d'autres de cartilage hyalin (Ishimine 1989 ; Salsibili, 1995), et selon d'autres sources, il s'agit d'un cartilage hyalin atypique (Paquin *et al.*, 1983 ; Brunner *et al.*, 1991). Les fibrilles du cartilage iliaque ressemblent, dans les zones profondes, à celles des articulations superficielles normales. On observe une accumulation plus dense de fibres collagènes entre les chondrocytes par rapport au cartilage sacral. Malgré la contradiction des études effectuées sur le cartilage iliaque, sa minceur est sa principale caractéristique. De plus, malgré sa nature hyaline plutôt que cartilagineuse, l'organisation des fibres de collagènes est différente du cartilage hyalin typique.

Pendant les 10 premières années de la vie, la surface auriculaire de l'*ilium* est plate (Schunke, 1938). Les mouvements de glissement sont possibles dans toutes les directions. En fin de croissance, la mobilité diminue. L'anatomie comparative et la paléontologie montrent que ce

sont les forces mécaniques induites par la croissance et la posture qui produisent les changements de cette articulation (Bellany *et al.*, 1982). L'articulation se modifie dans sa structure, des digitations apparaissent et rendent la surface irrégulière (Aeschlimann et Kahn, 1992 ; Cassidy, 1992 ; Hillson, 1992). La capsule s'épaissit, perd de sa flexibilité, le cartilage commence à se fissurer. Dans les populations actuelles, la sénescence de l'articulation commence à 30 ou 40 ans (Sashin, 1930 ; Bowen *et al.*, 1981 ; Stewart, 1984 ; Resnick *et al.*, 1985). Ces phénomènes sont des caractères constants à partir de 50 ans (Resnick *et al.*, 1975). Cette articulation est, par essence, dégénéréscente par son aspect biomécanique. Elle est verrouillée et subit de fortes contraintes très tôt dans la vie. L'articulation est entourée par de larges ligaments qui donnent au pelvis une structure stable puissante. Les ligaments empêchent la rotation du sacrum sur l'axe horizontal due aux forces de gravitation exercées par la colonne lombaire sur le promontoire sacré (Bellany *et al.*, 1982).

La plupart des changements de l'articulation sacro-iliaque avec l'âge sont des processus courants. En effet, l'articulation sacro-iliaque est une articulation très particulière dont la dégénérescence est systématique. De part sa particularité, la surface sacro-pelvienne iliaque est un indicateur intéressant pour l'estimation de l'âge au décès des adultes.

Modification morphologique de l'extrémité sternale des côtes avec l'âge

L'extrémité sternale des côtes forme une cavité dans laquelle pénètre l'extrémité du cartilage costal. A la jonction de la structure osseuse et du cartilage, le périoste costal est conjoint avec le périchondre du cartilage, ce qui contribue à la solidité de l'articulation.

Avec l'âge, un puits se forme à l'extrémité sternale des côtes. L'irrégularité des bords augmente et les parois du périoste s'amincissent. La déposition périostale déborde sur le cartilage costal et l'enveloppe (Isan *et al.*, 1984a, 1984b ; Isan et Loth, 1989). L'extrémité sternale des côtes semble se creuser alors que c'est en fait le périoste qui déborde sur le cartilage. Simultanément, la résorption endostale, plus sévère que la déposition périostale, provoque l'amincissement des parois, l'érosion de la base du puits, et contribue à l'approfondissement du puits (Epker *et al.*, 1965). La transformation de l'extrémité sternale des côtes est donc directement liée au remodelage osseux.

Un phénomène majeur qui a tendance à augmenter avec l'âge est l'ossification du cartilage costal (Semine et Damon, 1975 ; Teale *et al.*, 1989) qui oblitère le puits (Resnick et

Niwayama, 1988). La calcification peut être due à un trouble de la nutrition ou à un dérèglement hormonal sous forme de production de phosphate et calcium.

Variation inter-costale

La première côte est différente des autres côtes par sa nature et par ses processus ostéogéniques. L'ostéogénèse est intra-membraneuse et l'ossification est endochondrale (Kampen *et al.*, 1995). L'extrémité sternale subit une minéralisation et le cartilage costal s'ossifie très tôt chez l'adulte. Des recherches ont été menées sur d'autres éléments de la première côte comme éventuels indicateurs d'âge (Kunos *et al.*, 1999) : les changements dégénératifs des bords périphériques de la tête et du tubercule. Cependant, cette étude ayant été menée sur un échantillon de 74 individus âgés de 1 à 92 ans, sexes et ethnies confondus, nous pouvons mettre en doute l'analyse de la variabilité des phénomènes. L'utilisation pour estimer l'âge au décès des adultes avec la première côte est donc compromise non seulement en paléoanthropologie mais aussi en médecine légale (Barchilson *et al.*, 1996). En revanche, l'extrémité sternale des côtes 2 à 9 varient peu entre elles (Dudar, 1993). Toutefois, d'autres études montrent que c'est l'extrémité sternale de la quatrième côte qui est la mieux corrélée à l'âge, suivie par la troisième et la cinquième (Iskan *et al.*, 1984a, 1984b ; Loth *et al.*, 1994).

C - EVOLUTION DES CARACTERES DENTAIRES AVEC L'AGE

Les indicateurs de la sénescence à partir des dents sont :

C1 - l'usure de l'émail

C2 - le remodelage histologique du tissu dentaire

Une description générale et très pointue des changements des caractères dentaires avec l'âge est développée dans l'ouvrage d'Hillson (1996a). Mais comme l'os, les changements qui augmentent avec l'âge sont des changements dégénératifs, fruits de l'interaction de nombreux paramètres.

C1 - L'USURE DENTAIRE

L'usure dentaire a fait l'objet de nombreuses méthodes d'estimations de l'âge au décès (Murphy, 1959 ; Molnar, 1971 ; Scott, 1979 ; Van Reenen, 1982 ; Dreier, 1994 ; Walker *et al.*, 1991).

L'émail étant acellulaire, il ne subit pas de réparation physiologique, son usure physiologique est donc mesurable (Kaqueler *et al.*, 1989). Mais, l'usure de l'émail dépend d'une multitude de facteurs. Il est attaqué par plusieurs sortes de frottements : le frôlement de la langue, de la joue, des lèvres, des dents entre elles, et les frottements de l'attrition. L'alimentation et ses caractéristiques peuvent provoquer une abrasion (par des particules plus dures que les dents). Outre ces frottements, l'occlusion et le chemin de fermeture, les douleurs dentaires, les dents absentes, le tonus musculaire, la durée de mastication des aliments, le mode de vie, les habitudes culturelles, les facteurs psychiques et climatiques, l'âge jouent sur l'usure de l'émail (Kirsz, 1987). Or le degré d'action de ces facteurs peut varier d'une population à l'autre (Hinton, 1981, 1982) et au sein d'une même population. L'utilisation de l'usure dentaire pour estimer l'âge, notamment la méthode Miles (1963) rappelée par Nowell (1978) se base sur l'hypothèse suivante : l'usure dentaire est continue tout au long de la vie. Mais, on ne connaît pas l'effet de la perte des dents ou de la vieillesse sur l'usure dentaire. Il faudrait que la diète soit uniforme dans une même population, ce qui est rarement le cas. De même, entre sexes, il peut y avoir des différences à cause d'activités culturelles différentes (Lovejoy, 1985).

L'usure dentaire dépend de beaucoup trop de paramètres culturels pour servir d'indicateur de l'âge sur des populations anciennes. Elle est spécifique à chaque population selon ses

habitudes alimentaires, l'utilisation des dents comme outil, etc. C'est l'indicateur le moins approprié pour estimer l'âge au décès dans l'état actuel de son application.

C2 - LE REMODELAGE HISTOLOGIQUE DU TISSU DENTAIRE

a) formation de la dentine secondaire

La dentine est formée par les odontoblastes. Après l'odontogénèse, les odontoblastes continuent à former une dentine plus régulière et secondaire à un taux plus bas (Bodecker, 1925). Le facteur biologique responsable de cette formation est la répétition de stress mécanique et les variations thermiques (Bang, 1989). La dentine secondaire a été considérée comme un marqueur de vieillissement de la dent (Goldberg, 1989). On observe effectivement une réduction de la cavité pulpaire avec l'âge (Torneck, 1990) qui est due à la croissance continue de la dentine secondaire mais aussi à l'augmentation de la calcification dégénérative (Sayegh et Reed, 1968). La formation de la dentine est étroitement liée aux phénomènes pathologiques. Elle est le résultat de la réaction des odontoblastes face aux agressions microbiennes ou mécaniques. Elle est liée à la parodontose et non à l'âge du sujet (Lamendin *et al.*, 1990). Ces paramètres pourraient expliquer que la dentine secondaire est un phénomène plus variable qu'il n'a été attesté jusqu'à ce jour (Mc Bridge, 2001).

b) la transparence de la racine

Les prolongements des odontoblastes (les canalicules) se minéralisent au cours du vieillissement et aboutissent à la formation d'une dentine scléreuse ou translucide. Ce phénomène est rare dans la zone coronaire mais précoce dans la zone radiculaire. Les zones de dentine coronaire ainsi comblées deviennent donc transparentes. La transparence de la racine est due à la minéralisation des tubules dentinaires, qui deviennent d'une finesse imperceptible. Avec l'âge, il y a calcification des tissus des tubules périphériques créant la dentine péritubulaire (Beust, 1931 ; Pilz, 1959 ; Bang et Monsen, 1968 ; Hess, 1970). Le fait que ce phénomène soit ou non affecté par des pathologies dentaires (Drusini *et al.*, 1990) est discutable. L'étude de l'épaisseur tubulaire des dents extraites par suite de maladie périodontale n'est pas significative (Kvaal *et al.*, 1994).

c) la résorption de la racine dentaire

Sur certaines dents, la surface radiculaire se résorbe, produisant une apparence irrégulière. Ce phénomène est observé plus fréquemment dans le cas des sujets âgés. Ce critère a une incidence faible avec l'âge (Dalitz, 1962 ; Johanson, 1971 ; Solheim et Kvaal, 1993), voire négative (Maples, 1978). La résorption radiculaire s'observe parfois sur les dents pathologiques mais également sur des dents en hyper-fonction occlusale soumises à des microtraumatismes répétés.

d) l'apposition du ciment

Le ciment est le tissu dentaire le plus proche de l'os. C'est un élément du parodonte, susceptible de remaniement par apposition cémentaire, qui rappellent ceux de l'os, ou par résorption comme les lacunes de Howship (Kaqueler *et al.*, 1989). Le ciment est déposé continuellement sur la surface de la racine pendant la vie. Cette adaptation physiologique des dents leur permet de s'ancrer de façon optimale dans le complexe os alvéolaire/ligament desmodontal/cément. L'apposition du ciment est variable en fonction des excitations mécaniques, physiques ou chimiques. Pour certaines dents, les changements pathologiques influencent la formation du ciment. Puisque la cimentogénèse implique la calcification du ligament périodontal, toute pathologie affectant celui-ci affecte le ciment (Condon, 1986). De plus, les conditions pathologiques et traumatiques peuvent contribuer à la résorption de la surface de la racine (Solheim, 1998). Le ciment subit donc l'interaction complexe des facteurs fonctionnels, génétiques, climatiques et nutritionnels. Il y a une réduction de l'apposition de ciment chez les plus âgés (Johanson, 1971, Solheim, 1990) ; peut-être est-ce le résultat d'un processus de régulation ou de réduction de la force masticatrice.

La sénescence du tissu dentaire est donc aussi variable que le tissu osseux et subit l'influence de paramètres qui n'ont rien à voir avec l'âge.

D - CONCLUSION

L'âge biologique d'un individu se réfère à la situation d'un organisme, en fonction de la longévité potentielle qui lui reste. L'apparence physique et l'état de santé d'un individu ne correspondent pas toujours à son âge chronologique. Certains individus subissent une sénescence plutôt lente, d'autres plus rapide. Il est impossible de fixer l'âge auquel la sénescence commence (Susanne, 1986). L'âge chronologique se réfère à l'âge de la naissance et s'exprime en années.

La **variabilité** est le mot clé de l'évolution du squelette et des dents d'un individu avec le temps. L'interaction entre génétique et milieu environnant est indéniable. Certes, l'âge intervient, mais dans une proportion trop faible pour estimer un âge chronologique au décès précis. La variabilité est non seulement présente entre individus d'une même population mais aussi entre populations. Il y a un intérêt croissant dans l'étude des populations vivantes pour comprendre le schéma de sénescence et les différences biologiques entre populations (Ischan, 1998).

Les changements relatifs à la sénescence du squelette humain sont contrôlés par divers facteurs. Nous devons voir les stades des indicateurs non seulement comme des stades de changements du squelette, qui sont liés à l'âge, mais aussi à une multitude d'autres facteurs. L'âge ne contribue pas à plus de 30% de la variabilité des changements (Jackes, 2000). La corrélation entre indicateur et âge ne dépasse pas 0.6, ce qui signifie effectivement que 2/3 des paramètres sont différents de l'âge (Masset, 1993). La précision d'une estimation chronologique à l'année près est une utopie à l'heure actuelle (Maples, 1989 ; Theureau, 1996). Il est beaucoup plus prudent de chercher à donner des indications sur l'âge par intervalle chronologique (Angel, 1984).

L'utilisation des indicateurs d'âge et l'élaboration des méthodes doivent à tout prix prendre en considération la variabilité de la sénescence du squelette sans oublier que l'âge a une part relativement mince dans ce processus. De plus, cette sénescence hyper-variable entre individus et selon les caractéristiques des populations conduit à une hétérogénéité des risques de mortalité. Il y a ceux qui résistent au stress, les survivants, et ceux qui ne résistent pas, ceux qui décèdent à des âges plus précoces. Or cette capacité à résister au stress ne trompe-t-elle pas notre lecture du squelette ? La notion de « slow ager » et de « quick ager » (Angel, 1984 ; Molleson, 1993a, 1993b) prend ici tout son sens. Les jeunes inhumés sont ceux qui

n'ont pas réussi à vivre à un âge avancé. Un individu décédé jeune peut avoir un squelette usé, et un individu mort à âge avancé, un squelette qui paraît jeune (Molleson, 1995), son potentiel somatique lui ayant permis de résister au stress.

Fort de ces analyses, que pouvons-nous proposer pour améliorer l'estimation de l'âge au décès et permettre une utilisation fiable de ces estimations dans le domaine anthropologique ? Il semble plus pertinent d'**extraire l'information donnée par l'âge** et rechercher une augmentation de la **fiabilité de l'estimation**, c'est à dire reconsidérer la précision recherchée.

CHAPITRE II

INDICATEURS, MATERIEL, TRAITEMENT DES DONNEES : DES CHOIX DIFFICILES

Comme nous venons de le voir dans le premier chapitre, la relation entre l'âge et un indicateur du squelette est purement statistique (Masset, 1982 ; Ferembach, 1983). L'âge détermine tout au plus 30% de la variation des indicateurs (Bocquet-Appel et Masset, 1982 ; Masset, 1990 ; 1995 ; Jackes, 2000). La clé du problème réside dans l'étude de tendances globales des indicateurs, plutôt que dans la recherche d'une précision que l'on sait désormais improbable. Il est nécessaire d'exclure la linéarité des phénomènes de sénescence et trouver des moyens appropriés pour traiter cette information. Nous devons rechercher la fiabilité : même si les individus sont classés dans de grands intervalles, si le classement est juste, l'information sera fondamentale pour les études paléobiologiques.

Pour extraire des indicateurs, les informations liées à l'âge, il faut définir une méthodologie appropriée. Si l'on ne peut pas trouver de solution à la variabilité biologique, on peut tenter d'éliminer des biais systématiques rencontrés dans les méthodes courantes (Chamberlain, 2000).

Nous commencerons par établir la terminologie que nous emploierons dans la suite de ce travail et par décrire les écueils méthodologiques les plus courants à éviter. Nous commenterons ensuite les problèmes et les avantages des méthodes d'estimation de l'âge basées sur le remodelage osseux, dentaire, et sur les articulations. Enfin, nous décrirons nos choix méthodologiques.

A - METHODOLOGIE : TERMINOLOGIE ET ECUEILS

A1 - NOTIONS TERMINOLOGIQUES

Nous avons adopté les termes suivants.

a) au niveau des caractères

Nous parlons de **fidélité** quand il s'agit d'analyser la marge d'erreur lorsqu'une même personne effectue deux séries successives d'observations.

Le terme de **reproductibilité** est employé quand il s'agit d'analyser la concordance des observations entre différents observateurs.

b) au niveau des méthodes

Nous distinguons plusieurs notions. La **fiabilité** permet de mesurer la validité d'une méthode. Une méthode est fiable si la prédiction de l'âge est proche de l'âge réel, qu'il soit proposé à l'année près ou par intervalle chronologique.

Un système de mesure de cette fiabilité a été proposé par Lovejoy *et al.* (1985a) : la mesure de la précision et du biais.

La **précision** est une information qui permet de mesurer la différence entre l'âge réel et l'âge estimé. La mesure de la précision correspond à la somme de la différence entre l'âge estimé et l'âge réel en valeur absolue, soit $\sum |\text{âge estimé} - \text{âge réel}|$.

Le **biais** permet d'analyser le sens de l'erreur de l'estimation, s'il y a tendance à sous-estimer ou à sur-estimer l'âge réel. Le biais correspond à la somme de la différence entre l'âge estimé et l'âge réel, soit $\sum (\text{âge estimé} - \text{âge réel})$.

Ces deux mesures peuvent être calculées, soit pour la totalité de l'échantillon de référence, soit par classe d'âge. La mesure de la précision et du biais est supposée donner plus d'information que le coefficient de corrélation (Meindl et Lovejoy, 1985).

A2 - ECUEILS METHODOLOGIQUES

L'analyse et le classement des écueils méthodologiques est indispensable avant d'entreprendre l'utilisation d'un indicateur pour estimer l'âge.

a) fidélité et reproductibilité des caractères

Le premier problème méthodologique réside dans la fidélité et la reproductibilité des observations proposées dans les méthodes. Quel que soit l'objectif d'une observation sur le squelette, elle doit faire l'objet d'une standardisation préalable à l'interprétation. Ce problème a été posé pour la lecture des atteintes dégénératives (Waldron et Rogers, 1991) et pour l'étude de caractères non métriques crâniens (Brasili *et al.*, 1999 ; Gualdi-Russo *et al.*, 1999). Il est nécessaire de standardiser les méthodes de cotation des indicateurs pour éviter les différences entre observateurs (Buikstra et Konisberg, 1985). Une méthode ne devrait être utilisée qu'après avoir été parfaitement décrite et publiée (Masset, 1976b). Si une méthode ne peut être appliquée par d'autres personnes, son intérêt est nul (Lynnerup *et al.*, 1998). L'expérience du chercheur est un facteur de biais important (Ubelaker, 2000), or nous partageons l'avis de Ferembach *et al.* (1979) qui préconisent qu'une méthode d'estimation de l'âge doit être reproductible par n'importe quel observateur, expérimenté ou non. Ces

problèmes de lecture touchent toutes les méthodes d'estimation de l'âge au décès des adultes, toutes techniques confondues.

Outre le problème de lecture des caractères métriques ou qualitatifs, les tests statistiques utilisés pour analyser la variabilité, la fidélité, et la reproductibilité sont discutables. C'est souvent le résultat lui-même de l'estimation de l'âge qui est utilisé comme indicateur des erreurs inter et intra-observateurs. Les études utilisent soit la comparaison de l'âge moyen estimé sur un échantillon (Baccino *et al.*, 1999 ; Kunos *et al.*, 1999), soit la corrélation entre les âges estimés de deux observateurs (Lovejoy *et al.*, 1985b ; Meindl *et al.*, 1985), ou encore, la comparaison de l'estimation de la distribution par âge d'un l'échantillon par le test Kolmogorov-Smirnov (Kunos *et al.*, 1999). Mais l'âge estimé est une interprétation de la lecture ou des mesures des indicateurs, ce n'est donc pas le meilleur moyen d'évaluer la reproductibilité des méthodes. La comparaison directe des observations, des phases, des scores etc, est plus appropriée et plus directe. La mesure de la concordance entre deux observations est beaucoup plus intéressante (Saunders *et al.*, 1992) ; elle reflète le résultat individu par individu alors que les autres types d'analyses ont tendance à donner des résultats généraux sur les observations des deux investigateurs en noyant l'information élémentaire.

b) échantillons de référence d'âge au décès non-connu

L'utilisation de collections ostéologiques d'âge individuel inconnu est à proscrire absolument pour mettre au point de nouvelles méthodes d'estimation de l'âge au décès. C'est une règle générale pour toutes les études méthodologiques. Pour convaincre, notons à titre d'exemples, la proposition d'une nouvelle méthode pour estimer l'âge à partir de l'attrition dentaire sur une population protohistorique (Dreier, 1994). L'âge au décès est estimé en premier avec la symphyse pubienne et les sutures crâniennes. Les estimations ainsi obtenues sont considérées comme reflétant l'âge réel au décès. Le standard proposé ensuite pour estimer l'âge à partir de l'attrition dentaire se base donc sur des estimations, ce qui est beaucoup trop optimiste. Une étude sur le comptage des anneaux du cément dentaire sur des populations archéologiques du Moyen Age (Cipriano-Bechtle *et al.*, 1996) se targue d'obtenir des classes d'âge pour les individus de plus de 60 ans (60-66, 67-74, 75+). Mais, il n'y a aucun moyen de vérifier les résultats puisque l'âge au décès est inconnu. De même, les comparaisons de plusieurs indicateurs pour tester le degré de concordance des méthodes sur un échantillon archéologique d'âge inconnu apporte peu d'informations (Thompson et Guness- Gillet, 1991 ; Iwamoto et Konishi, 1993 ; Beyer-Olson *et al.*, 1994 ; Ericksen, 1997). Cependant, des études, comme

celle de Kemkes-Grottenthaler (1996) et celle de Rougé (1993) sur du matériel datant du Moyen-âge donnent des informations intéressantes car elles analysent le comportement des indicateurs, les uns par rapport aux autres, plutôt que de comparer des méthodes pour trouver la plus performante.

Dans le même ordre d'idée, l'étude sur des populations archéologiques, de la perte osseuse, du remodelage osseux ou de l'arthrose, tenant compte du paramètre de l'âge (Martin et Armelagos, 1979 ; Burr *et al.*, 1990 ; Waldron, 1993b ; Cuhna, 1996 ; Stout et Luek, 1995 ; Mulhern, 2000), nécessite au préalable l'estimation de l'âge au décès des individus étudiés. Mais les indicateurs n'étant pas fiables, on peut douter de la valeur réelle du résultat de ces études (Bocquet-Appel et Masset, 1985 ; Feik *et al.*, 2000 ; Mays, 2000).

Pour développer une méthode d'estimation de l'âge fiable, il faut utiliser des ensembles osseux pour lesquels on possède une information fiable sur l'âge au décès (Iskan et Loth, 1989 ; Cox, 2000).

c) analyse de la fiabilité des méthodes : validation sur des échantillons indépendants

Pour valider une méthode, c'est à dire pour démontrer qu'elle permet d'estimer un âge au décès fiable, il faut qu'elle soit testée en aveugle sur des individus qui n'ont pas été inclus dans l'échantillon de référence. En général, un échantillon différent de la même collection est utilisé (Lovejoy *et al.*, 1985a, 1985b ; Meindl *et al.*, 1985 ; Kunos *et al.*, 1999). Comme nous allons le voir, la méthode Suchey-Brooks basée sur la symphyse pubienne a été testée de nombreuses fois sur des collections différentes de celle qui a servi de référence. Il en est de même pour la méthode basée sur la quatrième côte. Ces études ont permis de déceler des différences entre populations et d'utiliser ces méthodes avec beaucoup plus de précautions qu'auparavant. Par contre, les tests de validité pour les méthodes histologiques sur le matériel osseux et dentaire sont rares.

d) analyse de la relation entre l'âge chronologique et les indicateurs de l'âge

Dans la plupart des méthodes, l'étude de corrélation se fait par le test statistique du coefficient de corrélation « r ». Il donne la valeur de l'indicateur par rapport à l'âge, mais dans un sens général et théorique. Lorsque cette technique statistique est utilisée, « r » doit absolument être complété par un coefficient de détermination qui mesure la part réelle de l'âge sur l'indicateur, soit « r² ». Ce dernier est très facile à calculer si les publications ne donnent que le coefficient de corrélation. Mais, pour que le coefficient de détermination soit valable, il faut que la distribution par âge soit homogène, information qui est rarement précisée.

Indispensable aussi est la valeur du « p », qui est un indicateur de la force de la démonstration. Elle fut proposée par Fisher (1958). Cette valeur répond à la question : à quel point sommes-nous sûrs qu'il y a une corrélation entre les deux paramètres (Motulsky, 1996) et que cette relation n'est pas due à l'effet de l'échantillon ? Or dans la plupart des publications, seul est donné le coefficient de corrélation et la valeur du « p » n'apparaît pas systématiquement. Enfin, toute méthode d'estimation de l'âge doit être validée sur différents échantillons d'âge connu. On ne peut se contenter des performances calculées sur l'échantillon de référence.

e) prédiction de l'âge au décès : des techniques non appropriées

L'utilisation de la régression

La plupart des méthodes d'estimation de l'âge ont recours à la régression linéaire. Dans cette analyse statistique, \underline{x} est l'indicateur d'âge et \underline{y} l'âge chronologique. La calibration inverse permet d'obtenir l'âge de nouveaux individus à partir de la droite de régression obtenue, mais cette approche n'est pas sans biais systématique. Pour deux variables corrélées, \underline{x} et \underline{y} , si \underline{x} est plus grand ou plus petit que sa moyenne, \underline{y} tend à être moins extrême que \underline{x} et donc proche de sa propre moyenne (Berry, 1996). Plus la corrélation est faible entre âge et indicateur, plus la pente est élevée ce qui simule une corrélation même avec les âges des jeunes sur-estimés et les âges des vieux sous-estimés (Katz et Suchey, 1986 ; Ayckroyd *et al.*, 1997). Or plus la corrélation est basse, plus le biais augmente (Ayckroyd *et al.*, 1999). De plus, dans une régression, seule l'erreur standard simple (la dispersion des observations individuelles autour de la ligne de régression) a tendance à être considérée, ce qui ne correspond qu'à 66% des observations. En fait, il faut la multiplier par 1.96 pour obtenir l'erreur double, ce qui correspond à peu près à 95% des observations et par 2.65 pour l'erreur triple, ce qui correspond à peu près à 99 %. Ces pourcentages représentent la correction théorique pour l'application à un diagnostic individuel. Si une méthode donne une erreur standard de 10 ans, cela fait un intervalle de 20 ans autour de l'âge estimé avec, en plus, une probabilité d'être correct à 68%. Pour une probabilité de 99 %, l'âge est estimé entre 20 et 80 ans (Rösing et Kvaal, 1998). La certitude et la précision sont inversement proportionnelles.

Biologiquement parlant, utiliser une calibration inverse pour estimer l'âge de nouveaux sujets est une erreur. Par exemple, ce n'est pas l'âge qui dépend du degré de synostose des sutures crâniennes mais bien le contraire (Bocquet-Appel et Masset, 1982). Il est plus juste d'employer une **calibration classique** (Lucy et Pollard, 1995 ; Ayckroyd *et al.*, 1999). En effet,

le fait que les erreurs systématiques prennent toujours la même forme, quelle que soit la méthode et l'indicateur d'estimation de l'âge employés, suggère que la cause vient de la méthodologie. Dans la calibration classique, la variable x indépendante, contrôlée, est l'âge et y est, cette fois, l'indicateur. L'erreur est plus grande dans la calibration classique que la calibration inverse (Konisberg, *et al.*, 1994). L'estimation est moins efficace mais elle comporte moins de biais. Biologiquement, cette façon de procéder est beaucoup plus logique. L'âge doit être considéré comme la variable fixe et l'observation des changements dus à l'âge comme la variable dépendante. L'âge induit les changements biologiques et non l'inverse.

L'utilisation des phases morphologiques

Le traitement par phase correspondant à des classes d'âge ne se chevauchant pas ne reflète pas la réalité puisqu'il suppose que les erreurs données par phase morphologique ou par classe d'âge sont fixes pour tous les individus, ce qui ne tient absolument pas compte de la vraie variabilité des phénomènes morphologiques.

f) indicateurs de l'âge étudiés sur le vivant : un biais méthodologique

On peut se demander si l'utilisation de référentiel vivant est appropriée à la problématique de l'estimation de l'âge au décès. Nous avons déjà précisé que les méthodes d'estimation de l'âge en paléanthropologie sont appliquées sur des populations inhumés qui sont constituées d'individus décédés, d'individus qui ne sont pas parvenus à un âge plus avancé. Leur organisme, et particulièrement leur squelette, a-t-il évolué de la même manière que ceux qui ont survécu ?

Reproductibilité des caractères, population de référence pas toujours identifiée, absence de validation de la méthode et système de prédiction inapproprié sont les écueils principaux inhérents à toutes les méthodes d'estimation de l'âge couramment utilisées. Si l'on y ajoute la variabilité des marqueurs de sénescence, nous ne sommes plus étonnés du constat d'échec permanent de l'estimation de l'âge au décès des adultes en paléanthropologie.

B - LES METHODES BASEES SUR LE REMODELAGE OSSEUX

Le comptage des structures élémentaires de l'os cortical a été mis au point par Kerley (1965). Depuis cette étude, de nombreuses recherches se sont développées. Les structures qui donnent le plus d'informations sur l'âge chronologique sont les ostéons et les fragments d'ostéons (Ahlquist et Damsten, 1969 ; Thompson, 1979 ; Frost, 1987 ; Ericksen et Stix, 1991 ; Stout et Paine, 1992 ; Ericksen, 1991, 1995, 1997). Cependant, les méthodes utilisant ces indicateurs histologiques sont désormais considérées avec prudence. La détermination de l'âge est moins précise que ce qui a été prétendu dans la littérature (Wallin *et al.*, 1994) et son utilisation en médecine légale a été mise en doute (Machiarelli et Bondioli, 1994 ; Feik *et al.*, 1997, 2000). Parmi les nombreux problèmes, nous soulignons les suivants.

B1 - LE PROBLEME TAPHONOMIQUE

La conservation du périoste n'est pas évidente (Ericksen, 1991 ; Aiello et Molleson, 1993). L'os cortical peut sembler bien préservé à l'œil nu mais inutilisable pour une analyse microscopique (Jackes, 1992). Les intempéries et le séjour dans le sol peuvent éroder la surface osseuse et détruire les lamelles superficielles de l'os non remodelé. Comme cette zone aura disparu, c'est la zone remodelée qui sera observée (Ericksen, 1997), alors que c'est celle qui a disparu qu'il aurait fallu étudier. L'érosion peut également affecter la zone amorphe sans ostéon, ce qui ne se voit pas à l'observation macroscopique. La densité osseuse peut être réduite par ce genre d'érosion (Stout, 1978).

B2 - LES PROBLEMES METHODOLOGIQUES : REPRODUCTIBILITE ET FIDELITE

La définition et l'identification des structures témoignant du remodelage de l'os s'avèrent difficile (Stout, 1989 ; Lazenby 1982-1984 ; Wallin *et al.*, 1994 ; Lynnerup *et al.*, 1998). L'application de la méthode dépend de l'expérience de l'observateur (Baccino *et al.*, 1999). Face à de tels problèmes d'interprétation, des tentatives de cotations assistées par ordinateur se sont développées (par exemple, Wanatabe *et al.*, 1998).

Pour un même os, la localisation du site de comptage des structures doit être exactement le même pour tous les individus. Le choix de l'os, de la région de l'os cortical et du nombre minimum de structures nécessaires pour une corrélation à l'âge optimum dépend des études.

B3 - LE PROBLEME DE L'ECHANTILLON DE REFERENCE

Les échantillons utilisés dans la plupart des études du remodelage osseux avec l'âge sont constitués d'individus dont l'âge moyen est 60 ou 70 ans. En effet, les fragments d'os longs sont prélevés en cours d'autopsie dans des hôpitaux (Ahlquist et Damsten, 1969 ; Singh et Gunberg, 1970 ; Thompson, 1979 ; Ericksen, 1991). De plus, le nombre d'individus est restreint (Labenzy, 1984), comme nous pouvons le constater dans le tableau II.1 .

Tableau II.1 : effectifs des échantillons de référence de méthodes pour estimer l'âge au décès des individus adultes

Auteurs	Indicateurs	N
Acsadi-Nemeskeri (1970)	sutures crâniennes, trabécules fémur, trabécule humérus, symphyse pubienne	105
Hanihara et Suzuki (1978)	symphyse pubienne	70
Meindl <i>et al.</i> (1985)	symphyse pubienne	130 / 131
Suchey et Katz (1986)	symphyse pubienne	739
Pasquier <i>et al.</i> (1999)	symphyse pubienne	71
Kunos <i>et al.</i> (1999)	première côte	74
Iscan <i>et al.</i> (1984)	quatrième côte	118
Lovejoy <i>et al.</i> (1985b)	surface sacro-pelvienne iliaque	130 / 131
Masset (1982)	sutures crâniennes	921
Meindl et Lovejoy (1985)	sutures crâniennes	130 / 131
Walker et Lovejoy (1985)	remodelage clavicule, calcaneus	130 / 131
Kerley (1965)	remodelage osseux os longs	117
Stout et Stanley (1971)	remodelage osseux os longs	36
Ericksen (1991)	remodelage osseux os longs	264
Stout et Paine (1992)	remodelage osseux os longs	40
Stout <i>et al.</i> (1994)	remodelage osseux os longs	60
Yoshino <i>et al.</i> (1994)	remodelage osseux os longs	40
Gustafson (1950)	critères dentaires	41
Solheim (1988, 1990, 1992, 1993)	critères dentaires	100
Lamendin <i>et al.</i> (1992)	critères dentaires	208
Drusini <i>et al.</i> (1991)	critères dentaires	152
Drusini <i>et al.</i> (1990)	critères dentaires	70
Drusini <i>et al.</i> (1997)	critères dentaires	444
Stein et Corcoran (1994)	annulation cémentaire	42
Condon <i>et al.</i> (1986)	annulation cémentaire	80

B4 - UN TRAITEMENTS DES DONNEES INAPPROPRIE

Les méthodes histologiques utilisent la régression linéaire simple ou multiple pour prédire l'âge au décès (Kerley, 1965 ; Kerley et Ubelaker, 1978 ; Ahlquist et Damsten, 1969 ; Singh et Gunberg, 1970 ; Thompson, 1979 ; Sanson et Branigan, 1987 ; Erickson, 1991 ; Stout et Paine, 1992 ; Iwaniec *et al.*, 1998). Nous l'avons expliqué précédemment, cette technique de prédiction n'est pas appropriée.

Les tests de fidélité pour les méthodes histologiques à partir de l'os sont, de plus, rares (Lynnerup *et al.*, 1998).

B5 - SYNTHESE

Les méthodes basées sur les structures histologiques de l'os ne sont pas plus fiables que les méthodes macroscopiques courantes (Aiello et Molleson, 1993). L'utilisation d'un matériel sophistiqué a savamment caché la variabilité biologique et les problèmes inhérents à la méthodologie. Leur fiabilité est remise en cause depuis quelques années. Elles n'échappent ni aux problèmes de conservation, ni aux écueils méthodologiques de la reproductibilité, de la population de référence, de la validation de la méthode et du traitement des données.

Etant donné la complexité de l'application de ces méthode et les limites de leur performance, l'utilisation de cet indicateur ne nous semble pas adéquate pour une application sur des populations archéologiques.

Nous avons vu dans le chapitre I que les caractères dentaires subissent l'effet de paramètres autres que la sénescence, ce qui explique, en partie, la variabilité des résultats entre les différentes méthodes basées sur l'évolution du tissu dentaire. Nous traiterons ces méthodes en différenciant les critères élaborés par Gustafson et le comptage des anneaux cémentaires.

C1 - LA METHODE GUSTAFSON ET SES DERIVEES

a) présentation

Gustafson (1950) a été le premier à élaborer une méthode d'estimation de l'âge au décès à partir de l'observation histologique de coupe de sections de dents. Il a évalué le changement de 6 caractères avec l'âge : l'attrition dentaire, la parodontose, la transparence et la résorption de la racine, la dentine secondaire et l'apposition de ciment. Chacun de ces caractères est observé séparément et évalué sur une échelle de scores selon leur aspect morphologique. Ensuite, pour obtenir un score final, les scores obtenus pour chaque caractère sont additionnés. La méthode originale de Gustafson repose sur la régression linéaire de ce score final. Plusieurs critiques ont été faites sur cette méthode.

L'utilisation du score final suppose au préalable que chaque caractère ait le même poids pour estimer l'âge au décès, ce qui n'est pas le cas (Solheim, 1993 ; Hilsson, 1996a). Des erreurs statistiques ont été détectées (Maples et Rice, 1979 ; Nkhumeleni *et al.*, 1989 ; Lucy et Pollard, 1995). L'échantillon est constitué de 41 dents dont plusieurs appartiennent au même individu. Les tests de cette méthode sur d'autres échantillons montrent que la différence entre l'âge réel et l'âge estimé est élevée (Dechaume *et al.*, 1960).

Il existe de nombreux dérivés de la méthode de Gustafson (1950). La plupart cherchent à améliorer le système de cotation ou à tester la validité de chaque indicateur en proposant de nouvelles combinaisons (Dalitz, 1962 ; Johanson, 1971 ; Maples, 1978 ; Lamendin, 1988 ; Kashyap et Koteswara, 1990 ; Lamendin *et al.*, 1990, 1992 ; Xiaohu *et al.*, 1991 ; Solheim, 1993 ; Lucy *et al.*, 1995). Ces études montrent que la corrélation à l'âge n'est pas forcément linéaire. De plus, les résultats des combinaisons entre caractères varient d'une étude à l'autre.

b) les problèmes méthodologiques

Les méthodes d'estimation de l'âge au décès à partir des dents posent plusieurs types de problèmes méthodologiques.

Les facteurs biologiques

- la parodontose est un caractère difficilement évaluable sur du matériel archéologique (Vlcek et Mrklas, 1975),
- le sexe est rarement pris en compte. Or, de nombreux travaux montrent que les caractères varient selon le sexe (Kilian, 1986 ; Maples, 1978 ; Solheim, 1990, 1992, 1993 ; Charles *et al.*, 1986),
- le fait le plus marquant est la variabilité entre les dents d'un même individu. Mais, dans la plupart des études sur les caractères dentaires, il y a peu de précisions quant à la dent utilisée et les résultats sont souvent donnés sur la totalité des dents alors qu'ils devraient l'être sur la totalité des individus (Rösing et Kvaal, 1998).

Les échantillons de référence

Les échantillons sont constitués de dents extraites sur le vivant, le plus souvent car elles sont pathologiques (Kvaal *et al.*, 1994a, 1994b ; Kvaal et Solheim, 1995). Une étude récente (Vystřcilová et Novotný, 2000) montre que sur 147 dents extraites en chirurgie dentaire, seulement 63 étaient utilisables pour une analyse sur l'âge au décès.

Les études statistiques

Les tests de fiabilité des méthodes d'estimation de l'âge à partir des dents sont rares (Rösing et Kvaal, 1998). Dans les publications (tableau II.2), les coefficients de corrélation entre les caractères dentaires et l'âge chronologique sont souvent élevés, de 0.86 à 0.92 (Johanson 1971 ; Solheim, 1993 ; Kvaal et Solheim, 1994 ; Kvaal et Solheim, 1995). Mais ni la valeur du coefficient de détermination, ni la valeur du p ne sont indiquées. On ne nous indique pas non plus si la distribution par âge de l'échantillon de référence est homogène. Les performances ne sont que rarement testées sur des échantillons indépendants d'âge et de sexe connus.

Tableau II.2. : effectifs, coefficient de corrélation et de détermination de méthodes sur les critères dentaires (d'après Rösing et Kvaal, 1998)

Auteurs	N	r	r ²
Gustafson (1950)	41	0,91	0,83
Burns et Maples (1976)	168	0,81	0,66
Dalitz (1962)	146	0,87	0,76
Johanson (1971)	165	0,92	0,85
Schwarz <i>et al.</i> (1980)	68	0,70	0,49
Lamendin <i>et al.</i> (1992)	208	0,57	0,32
Solheim (1993)	100	0,86	0,74
Kvaal et Solheim (1994)	452	0,90	0,81
Kvaal <i>et al.</i> (1995)	100	0,87	0,76

Comme pour les méthodes d'estimation de l'âge à partir du tissu osseux, les méthodes dentaires utilisent la régression multiple. Elle est largement employée pour les données quantitatives des caractères dentaires (Solheim, 1990, 1992 ; Drusini, 1993 ; Drusini *et al.*, 1990, 1991, 1997 ; Kvaal *et al.*, 1994) observés sous forme de mesure. Elle est aussi utilisée pour les données qualitatives (Gustafson, 1950 ; Johanson 1971 ; Kashyap et Koteswara, 1990 ; Solheim, 1993 ; Solheim et Kvaal, 1993). Certaines régressions combinent des données quantitatives et qualitatives (Lamendin *et al.*, 1990, 1992 ; Morse *et al.*, 1993 ; Kvaal et Solheim, 1994). Mais, cet outil de prédiction souffre de nombreux biais, notamment la surestimation des jeunes et la sous-estimation des vieillards.

C2 - LA CEMENTOGENESE

L'apposition d'anneaux cémentaires selon un rythme annuel a donné l'espoir de mettre au point une méthode basée sur un indicateur lié directement à l'âge chronologique. Cette méthode repose sur l'observation des bandes alternées de différentes densités du ciment (Condon *et al.*, 1986). Un niveau de ciment correspond à une bande sombre et une bande translucide.

D'abord utilisé pour déterminer l'âge de certains mammifères (Lieberman, 1993), cet indicateur s'est avéré excellent pour estimer l'âge et la saison d'abattage, sur des séries actuelles et fossiles (Martin, 1994, 1996). Cependant, outre l'influence des phénomènes pathologiques sur la cémentogénèse (Condon *et al.*, 1986), plusieurs problèmes techniques et méthodologiques subsistent.

- la surface de formation du ciment n'est pas toujours claire pour que le comptage soit possible. Certains individus ont deux fois plus de niveaux de ciment qu'ils ne devraient par rapport à leur âge,
- la précision de la méthode diminue avec l'âge (Stein et Corcoran, 1994),

- il faut ajouter, au nombre de niveaux de ciment, l'âge de l'éruption dentaire. Or les standards que nous possédons sont des standards actuels que nous appliquons sur les populations archéologiques,
- on note des différences de performance entre les dents. Les prémolaires fournissent de meilleurs résultats (Charles *et al.*, 1986), ce qui démontre que la régularité de la déposition n'est pas vérifiée,
- il est nécessaire, pour les échantillons archéologiques, de prélever des dents incluses dans la mandibule, de manière à s'assurer que le ciment n'a pas été altéré (Vincent, 1996),
- la résorption cémentaire pose un problème pour le décompte (Martin, 1996), puisqu'elle attaque les bandes de ciment.

Considérée comme la méthode tant attendue pour estimer l'âge au décès des adultes des séries archéologiques, la nature de la cémentogénèse est beaucoup plus complexe que prévue et les problèmes techniques sont variés.

C3 - LES AVANTAGES APPARENTS DU TISSU DENTAIRE

Les avantages du tissu dentaire sont de deux ordres : sa conservation est meilleure que les restes osseux et, contrairement aux os, il ne subit pas de remaniements au cours de la vie (Kirtz, 1987). Mais, ces deux avantages, qui en font un indicateur de l'âge au décès de choix (Molleson, 1993a) ne sont plus aussi évidents.

En effet, la conservation du matériel dentaire archéologique est sujet à controverse. Les dents ne sont pas toujours la partie la mieux préservée du squelette. L'émail étant insoluble, on pensait que sa constitution ne se modifiait pas après la durée du séjour dans la terre (Doberenz, 1969). Mais, l'émail est poreux et peut donc subir des altérations *post-mortem* selon les conditions d'enfouissement (Kirtz, 1987). Les altérations peuvent raser la hauteur de la couronne et abîmer les structures internes du tissu dentaire.

L'état de préservation externe peut s'avérer excellent mais quand les coupes sont examinées, la macrostructure interne est parfois endommagée ce qui empêche la lecture de la plupart des caractères dentaires liés à l'âge (Dye *et al.*, 1995 ; Lucy *et al.*, 1995).

C4 - SYNTHESE

Les méthodes basées sur les indicateurs dentaires sont nombreuses et variées. Mais, elles souffrent des mêmes biais que les méthodes histologiques sur les restes osseux.

Comme pour le remodelage osseux, elles nécessitent des techniques coûteuses. La méthode la plus facile à utiliser est celle de Lamendin *et al.* (1990, 1992) : elle est basée sur l'observation

de la parodontose et de la transparence radiculaire. Mais sa fiabilité n'est pas prouvée sur des échantillons de collections provenant de cimetières. Les échantillons utilisés proviennent d'autopsies. Le matériel dentaire ne donne pas de résultats suffisamment satisfaisants pour les techniques mises en œuvre.

D - LES METHODES BASEES SUR LA MODIFICATION DES SURFACES ARTICULAIRES

Les méthodes les plus communément utilisées en paléoanthropologie et en médecine légale sont les méthodes macroscopiques, elles sont sans coût financier et donnent des résultats rapides (Ayckroid *et al.*, 1999).

Nous avons décidé de centrer notre travail sur les indicateurs suivants : la symphyse pubienne, la surface sacro-pelvienne iliaque et l'extrémité sternale de la quatrième côte. Ces indicateurs nécessitent seulement des observations directes à l'œil nu, ce qui permet d'étudier un plus grand nombre de collections pour tenter de cerner leur variabilité. Le travail pourra être poursuivi sur d'autres indicateurs par la suite, si la méthodologie proposée atteint ses objectifs.

Nous discutons, au préalable pourquoi nous n'utilisons ni l'arthrose des os de la main, ni les sutures crâniennes.

D1 - METHODE BASEE SUR L'OSTEOARTHROSE DES OS DE LA MAIN

Cette méthode est basée sur l'étude de la dégénérescence des os de la main sur des populations vivantes, observée à partir de radiographies. Cette méthode consiste à prendre, d'une part, une mesure ostéométrique (OSM), et d'autre part, un score ostéographique (OSS). L'OSM correspond à la mesure de la longueur et de la largeur de l'os en prenant en compte l'épaisseur de la corticale. L'OSS est une mesure des atteintes ostéophytiques (dans la région péri-articulaire à l'attache des tendons), de l'ostéoporose, de l'ostéosclérose, des difformités articulaires non traumatiques sur les phalanges des doigts II à V. L'OSS a été observé sur plusieurs populations. La courbe de l'évolution de l'OSS avec l'âge est sigmoïde. Il y a une phase précoce lente et une augmentation rapide des changements de 30 à 35 ans. Le coefficient de détermination est de 0.671 ou 0.901 selon la population (Karasik *et al.*, 1998, 2000b). L'erreur standard est de plus ou moins 4 ou 7 ans. Cela signifie que l'intervalle de

confiance à 95 % est compris entre 8 et 14 ans. Cette méthode n'est donc pas plus performante que celles dont nous avons parlé précédemment.

Les différences entre populations sont attribuées à une influence climatologique, plutôt qu'à des différences ethniques et génétiques (Livshits *et al.*, 1996 ; Belkin *et al.*, 1998). Nous pouvons nous demander dans quelle mesure l'activité des individus influence la dégénérescence des os de la main.

Cette méthode peut s'appliquer sur le matériel osseux, comme en témoigne deux études récentes sur des fossiles du Proche Orient (Karasik *et al.*, 1998) et sur des squelettes natoufiens (Karasik *et al.*, 2000a). Ces estimations partent de l'hypothèse que la méthode fonctionne alors que sa fiabilité n'a pas été testée au préalable sur des squelettes dont l'âge au décès est connu. Enfin, l'estimation de l'âge au décès par l'arthrose des os de la main requiert l'utilisation de radiologies et la précision n'est pas plus élevée que les autres méthodes.

D2 - LES METHODES D'ESTIMATION DE L'AGE BASEES SUR LA SYNOSTOSE DES SUTURES CRANIENNES

Différentes méthodes ont été proposées pour coter le degré de synostose des sutures crâniennes. Les plus couramment utilisés sont celles mises au point par Acsádi et Nemeskeri (1970) et Masset (1982). Dans leur système, la suture coronale et lambdoïde sont divisées en 3 segments et la suture sagittale en 4 segments. Le degré de synostose est codé selon une échelle de score de 0 à 3-4. Le score 0 correspond à un segment de suture ouvert, les scores 3 et 4 à un segment complètement synostosé.

Pour obtenir un coefficient de synostose, les scores de chaque segment sont additionnés et la somme est divisée par le nombre de segments observés.

Etant donné que la cotation du côté gauche et du côté droit donne une information redondante, et qu'on obtient le même résultat avec un seul côté, il semble logique de préférer la méthode Masset à celle d'Acsádi-Nemeskeri (1970). On peut utiliser l'un ou l'autre côté ce qui donnera la même information. Galera *et al.* (1998) trouvent des résultats similaires entre ces deux méthodes pour la corrélation à l'âge. La précision et les biais suivent les mêmes tendances dans chaque classe d'âge. Par rapport à celle proposée par Meindl et Lovejoy (1985), ces deux méthodes sont globalement les plus précises (ou plus exactement les moins imprécises).

Le dimorphisme sexuel est un aspect « spectaculaire » de la synostose crânienne (Masset, 1982). A partir de 30 ans, les différences sont considérables. Elles sont moins marquées sur la table interne que la table externe. La sur-représentation des femmes dans la classe 20-29 est due, en fait, au rajeunissement systématique des femmes lorsque l'âge est estimé par les mêmes standards que ceux utilisés pour les hommes (Masset, 1975, 1995).

Masset (1982), Simon (1986) et Perizonius (1984) décrivent une dérive séculaire. Selon eux, les crânes synostosés sont plus fréquents à l'époque médiévale qu'au Néolithique. Mais étant donné que l'âge des individus sur lesquels ont été faites ces études a été estimé, cette hypothèse n'est pas prouvée. Si l'ensemble de squelettes étudiés pour l'époque Néolithique est constitué d'individus plus jeunes que celui du Moyen Age, il est normal que la fréquence de synostose soit moins forte au Néolithique.

A également été observée une surmortalité accentuée des adultes jeunes à partir des sutures endocrâniennes. L'hypothèse émise est une plus forte dérive séculaire des sutures endocrâniennes par rapport aux sutures exocrâniennes (Guy, 1995).

L'avantage de cette méthode est la fidélité et la reproductibilité des cotations, ainsi que le taux élevé de conservation de la voûte crânienne dans les séries archéologiques. Mais, un inconvénient majeur est la compréhension limitée du processus de synostose. Le stade initial (c'est à dire les sutures ouvertes) peut être présent même chez les vieillards, ce qui n'est pas le cas des autres indicateurs qui évoluent systématiquement avec l'âge (voir Chapitre I).

Masset (1982), lui même ne préconise pas l'estimation de l'âge individuel par les sutures. Il propose une méthode qui permet de fournir une structure de la population par âge, et non par l'âge individuel : les vecteurs de probabilités. Leur calcul donne accès à la courbe de mortalité générale, mais pas à la fréquence des décès dans chaque classe d'âge. Il faut noter que cette méthode est utile, uniquement pour comparer des courbes de mortalité entre populations. Elle ne peut suffire à établir un profil de mortalité pour une seule population (Gemmerich, 1993).

L'utilisation de la synostose des sutures crâniennes comme indicateur de l'âge au décès est entachée de nombreux biais biologiques : mauvaise connaissance du phénomène, dérive séculaire et mauvaise performance pour estimer l'âge individuel.

D3 - METHODES BASEES SUR LES MODIFICATIONS MORPHOLOGIQUES DE LA SYMPHYSE PUBIENNE

L'un des intérêts de la symphyse pubienne comme indicateur d'âge réside dans sa maturation tardive. En effet, les changements dus aux phénomènes de maturation sont performants pour estimer l'âge au décès. Ceci peut expliquer que l'estimation de l'âge à partir 40 ans est moins fiable et précise (Mc Kern et Stewart, 1957 ; Bocquet-Appel *et al.*, 1978 ; Hanihara et Suzuki, 1978 ; Meindl *et al.*, 1985, Suchey *et al.*, 1986 ; Katz et Suchey, 1986 ; Suchey et Katz, 1986a ; Baccino *et al.*, 1991 ; Lovejoy *et al.*, 1995). Les changements morphologiques qui se manifestent ensuite n'ont rien à voir avec le processus de maturation. Ce sont des lésions dégénératives qui dépendent d'une multitude de paramètres.

Les méthodes établies à partir des changements morphologiques du pubis se basent sur le processus de maturation de la symphyse et sur les changements dégénératifs postérieurs à la maturation. Deux types de méthodes ont été proposés. Une partie des méthodes se base sur l'observation globale de la symphyse pubienne à laquelle on attribue des stades morphologiques (Todd, 1920, 1921 ; Brooks, 1955 ; Meindl *et al.*, 1985 ; Katz et Suchey, 1986 ; Suchey et Katz, 1986a ; Brooks et Suchey, 1990). Les autres méthodes se réfèrent à l'observation séparée des caractères morphologiques auxquels on attribue un score. Ces observations sont traitées soit par l'addition des scores obtenus pour chaque caractère (Mc Kern et Stewart, 1957 ; Gilbert et Mc Kern, 1973), soit par l'analyse régressive linéaire (Hanihara et Suzuki, 1978 ; Garmus, 1993 ; Pasquier *et al.*, 1999).

La méthode la plus utilisée est la méthode Suchey-Brooks (Rougé, 1993). Cette méthode a été élaborée sur de grands échantillons, composés de 739 hommes et 273 femmes (Suchey et Katz, 1986b ; Suchey *et al.*, 1986 ; Katz et Suchey, 1989) et sur des échantillons multi-ethniques. La méthode Suchey-Brooks a été testée de nombreuses fois sur des collections différentes de la référence (Baccino *et al.*, 1991, 1999 ; Iscan *et al.*, 1992 ; Klepinger *et al.*, 1992 ; Saunders *et al.*, 1992 ; Santos, 1996 ; Simmons *et al.*, 1999 ; Hoppa, 2000). Les résultats montrent que l'évolution morphologique avec l'âge est variable d'une population à l'autre et que l'estimation de l'âge est très imprécise. Les fourchettes des stades 4 à 6 sont presque similaires. Les tests effectués sur d'autres méthodes impliquant la symphyse pubienne (Mc Kern et Stewart, 1957) montrent aussi une grande variabilité (Pal et Tamankar, 1983 ; Sinha et Gupta, 1995).

Les tests de reproductibilité donnent aussi de mauvais résultats (Suchey, 1979a ; Saunders *et al.*, 1992 ; Baccino *et al.*, 1999). La reconnaissance des stades pose des problèmes d'attribution d'un âge fiable à un individu et empêche de quantifier la réelle différence entre les populations. Pour Molleson et Cox (1993), les changements de la symphyse pubienne montrent clairement des modifications avec l'âge, mais il est plus facile de les classer en 3 grandes morphologies, les jeunes (stade 1 et 2), les âges moyens (stade 3) et les vieux (stade 4 et 5).

La démarche utilisée dans la méthode Suchey-Brooks (Brooks et Suchey, 1986, 1990 ; Suchey et Brooks, 1986b) est l'attribution d'un âge moyen, d'un écart type et d'un intervalle de confiance à 95 % pour chaque phase morphologique. Notons que l'écart type correspond à la population de référence. Ce n'est pas une erreur type.

Obtenir un âge moyen pour un individu peut être informatif si on considère l'écart type et l'intervalle à 95%, car on possède ainsi une marge d'erreur. Mais l'utilisation de ce système en paléodémographie n'est pas appropriée (Jackes, 1985). A l'échelle d'une population, on ne considère plus la marge d'erreur par individu, présupposant que les erreurs sous-estimant l'âge et celles surestimant l'âge se compensent, ce qui est faux (Masset, 1990, 1995). C'est ce qu'on appelle généralement l'attraction de la moyenne.

La symphyse pubienne donne des informations intéressantes sur l'âge dans les trois premières phases déterminées dans la méthode Suchey-Brooks. Ces phases correspondent à l'achèvement de la maturation de la symphyse. C'est cette partie de l'évolution de la symphyse pubienne que nous utiliserons principalement dans notre étude.

D4 - METHODE BASEE SUR LES MODIFICATIONS MORPHOLOGIQUES DE LA SURFACE SACRO-PELVIENNE ILIAQUE

Cette méthode a été mise au point à partir de l'observation d'une série archéologique et d'un échantillon de la collection Hamann-Todd, collection constituée de squelettes complets. Lovejoy et ses collègues (1985a, 1985b) ont effectué deux tests de fiabilité sur deux échantillons indépendants de celui ayant servi à établir le standard. Mais, entre le test I sur le premier échantillon et le test II, il y a eu modification du système d'observation, afin d'améliorer la méthode sur le second échantillon. La fiabilité de la méthode sur le deuxième échantillon est meilleure, mais sa valeur est discutable. Tous les tests de fiabilité sur des échantillons d'âge et de sexe connus (Murray et Murray, 1991 ; Rogers, 1990 ; Saunders *et al.*, 1992 ; Santos, 1996) donnent de mauvais résultats. La précision diminue avec l'âge et la plupart des individus sont classés dans les âges moyens, entre 30 et 50 ans.

C'est l'application de la méthode qui pose un problème majeur. Elle est complexe et subjective. Par conséquent, il n'est pas possible de définir si les différences entre tests sont inhérentes à l'application ou si il y a vraiment des différences entre les populations.

L'identification des caractères présente des difficultés (Saunders *et al.*, 1992). Dans la méthode initiale, l'estimation de l'âge à partir de la surface sacro-pelvienne se fait par l'observation de 5 caractères. A l'évolution de ces 5 caractères correspondent 8 phases types. Chaque phase correspond à une classe d'âge quinquennale. Mais, dans la plupart des cas, la combinaison des caractères observés appartient à deux stades, voire plus, car les 5 caractères n'évoluent pas simultanément. Il faut donc, dans un premier temps, identifier le caractère principal, reflet du processus biologique, qui correspond à une phase type. Ensuite, les caractères auxiliaires permettent d'attribuer une phase en dessous ou au dessus de la phase type. Ce système est difficile à maîtriser (Lovejoy *et al.*, 1985b ; Meindl et Russel, 1997) et extrêmement subjectif.

La relation entre l'âge chronologique de l'indicateur n'est pas calculée par un coefficient de corrélation mais par la mesure de la précision et du biais. Ce système permet d'analyser les données pour une tranche d'âge précise. Mais la taille des échantillons (N=130 et 131) est beaucoup trop limitée pour que les résultats nous informent sur la variabilité. Plus l'échantillon est petit, moins la variabilité est visible.

La relation entre la surface sacro-pelvienne iliaque avec l'âge n'est pas connue à cause de la méthodologie initiale : des échantillons tests restreints, une application difficile et une prédiction de l'âge par classe d'âge étroite ne tenant pas compte de la variabilité.

La méthode initiale s'avère entachée d'écueils méthodologiques et biologiques. Toutefois, la surface sacro-pelvienne iliaque est un indicateur de l'âge intéressant, de par sa nature particulière. De nouvelles façons d'appréhender les phénomènes morphologiques ont été proposées (Schmitt et Broqua, 2000 ; Usher *et al.*, 2000 ; Buckberry, 2001).

D5 - METHODE BASEE SUR L'OBSERVATION DE L'EXTREMITÉ STERNALE DE LA QUATRIÈME CÔTE

La méthode sur l'extrémité sternale de la quatrième côte a été mise au point sur une collection de médecine légale provenant d'autopsies. L'échantillon est assez limité (118 hommes et 86 femmes) et n'illustre en aucun cas la variabilité possible de l'indicateur.

La différence entre sexes est évidente et nécessite deux standards différents. Toutefois, si il y a des caractères morphologiques différents chez la femme, ils ne sont pas constants. La méthode d'estimation du sexe sur les côtes se fait plutôt par fonction discriminante à partir de mesures générales des côtes que par observations des caractères morphologiques (Iskan et Loth, 1986a). Chez les femmes, un dépôt osseux se développe au fond du puits vers 40 ans (Iskan et Loth, 1989) ce qui peut expliquer en partie que la profondeur et l'élargissement du puits sont moins importants que chez l'homme. La différence des changements morphologiques avec l'âge selon le sexe réside plutôt dans leur rythme et leur sévérité.

La méthode d'estimation de l'âge au décès à partir de l'extrémité sternale de la quatrième côte a été élaborée dans un premier temps en séparant trois composants (Iskan *et al.*, 1984a) : la profondeur du puits, mesurée au millimètre près, la forme du puits, la configuration des bords et des parois. A chaque composant était attribué un score de 0 à 5. L'élaboration d'une méthode à 9 phases a, dans une deuxième temps, semblé plus appropriée (Iskan et Loth, 1986a, 1986b). Chaque phase morphologique dans cette méthode correspond à des classes d'âge étroites et exclusives. L'analyse de la relation entre les changements morphologiques et l'âge se calcule par l'âge moyen et l'écart type de chaque phase afin de pouvoir les comparer par des tests statistiques, comme l'analyse de la variance et le test du χ^2 . S'il y a une différence statistiquement significative entre l'âge moyen d'une phase et l'âge moyen de la phase suivante, la valeur de la méthode et, indirectement, celle de l'indicateur, est validée. Ce

procédé limite l'information (Wallin *et al.*, 1994 ; Rösing et Kvaal, 1998). En effet, plus l'échantillon est petit, moins l'écart type est représentatif de la variabilité. De plus, la correspondance entre une phase morphologique et une classe d'âge étroite est une démarche qui part du principe que l'évolution des indicateurs est régulière, linéaire et universelle, ce qui est biologiquement impossible. En prenant des intervalles étroits, souvent de taille constante, les anthropologues supposent qu'ils prennent en compte l'imprécision de l'estimation de l'âge. Mais pour que cela soit valable, il faut que l'imprécision soit similaire pour tous les individus, ce qui n'est pas le cas (Milner *et al.*, 2000).

Un des avantages majeurs de cette méthode est la fidélité et la reproductibilité des caractères (Iskan et Loth, 1986b, 1986c ; Dudar, 1993 ; Baccino *et al.*, 1999 ; Souaiby, 1999 ; Oettlé et Steyn, 2000).

La fiabilité de cette méthode a été testée de nombreuses fois sur des populations d'âge connu. Certaines études montrent des différences entre populations (Iskan *et al.*, 1987 ; Baccino *et al.*, 1991, 1999 ; Saunders *et al.*, 1992 ; Dudar, 1993 ; Souaiby, 1999), d'autres n'indiquent pas de différence notable (Russel *et al.*, 1993 ; Loth, 1995 ; Yavuz *et al.*, 1998).

L'estimation de l'âge à partir de la quatrième côte, comme toutes les méthodes que nous avons citées, souffre de biais dus à l'échantillon de référence qui ne tient pas compte d'une variabilité assez grande, et d'un système de prédiction inadéquat. De plus, sa conservation demande une attention particulière dès son exhumation. Cependant, cet indicateur donne des informations sur l'âge au décès et la reconnaissance des caractères est un atout majeur.

D6 - PRESERVATION DES SITES ANATOMIQUES ET ARCHEOLOGIE

La conservation des crânes et de la surface sacro-pelvienne iliaque (Waldron, 1987 ; Telmon *et al.*, 1993) en font des indicateurs majeurs. La surface sacro-pelvienne tend à persister grâce à sa proximité avec le pilier iliaque. En revanche, la conservation de la symphyse pubienne (Jackes, 1985 ; Pfeiffer, 1986 ; Waldron, 1987) et de la quatrième côte (Masset, 1990) dans les séries archéologiques est plus aléatoire. D'après les tests effectués sur la méthode d'estimation de l'âge à partir de la quatrième côte, la conservation réduit la quantité analysable de squelettes (Kemkes-Grottenthaler, 1996). Sur l'échantillon du cimetière de St Thomas-Belleville (Saunders *et al.*, 1992), 50% seulement ont une quatrième côte en bon état. Molleson et Cox (1993) ont dû appliquer la méthode sur la deuxième côte, mieux conservée

que la quatrième sur les squelettes de la collection de Spitalfields. On peut s'étonner des résultats obtenus par Loth (1995) qui sur la même collection a pu analyser beaucoup plus de quatrièmes côtes.

Nous ne pouvons pas nier la fragilité des côtes par rapport à d'autres parties du squelette mais nous partageons l'avis de Russel *et al.* (1993) : pour utiliser cette méthode sur des échantillons archéologiques, il faut repérer, séparer la quatrième côte et la conditionner à part, dès la fouille. Tout comme la symphyse pubienne, les côtes demandent un traitement spécial lors de la fouille et de la conservation, mais leur utilisation en archéologie ne peut être exclue car ils font partie des indicateurs qui donnent des résultats rapides et qui ne nécessitent pas de matériel spécial.

D7 - SYNTHÈSE

Il s'avère évident que les systèmes de cotations des indicateurs choisis dans notre étude doivent subir des modifications, la révision des standards actuels étant indispensable (Theureau, 1996). La lecture des phases morphologiques de la symphyse pubienne (Meindl *et al.*, 1985 ; Brooks et Suchey, 1990), de l'extrémité sternale de la quatrième côte (Iskan *et al.*, 1984a, 1984b ; Iskan et Loth, 1986b, 1986c) et de la surface sacro-pelvienne iliaque (Lovejoy *et al.*, 1985b) s'avèrent difficiles car elles nécessitent l'observation de plusieurs caractères à la fois. Or ces caractères n'évoluent pas simultanément.

E - LES METHODES MULTI-FACTORIELLES

E1 - PRÉSENTATION ET CRITIQUE DES METHODES MULTI-FACTORIELLES

La première tentative d'une méthode multi-factorielle a été faite par Acsádi et Nemeskeri (1970). Ont été observés les changements sur la symphyse pubienne, l'os spongieux du fémur et de l'humérus et la synostose des sutures crâniennes. Le traitement des données est très simple mais ne se justifie pas biologiquement. Chaque site anatomique a le même poids, or les différentes régions anatomiques réagissent différemment en fonction du stress. Le processus de l'âge ne s'opère pas à un taux égal sur toutes les parties du squelette (Kemkes-Grottenthaler, 1996). La méthode a été testée sur la collection de Spitalfields dont l'âge et le sexe des individus sont connus (Molleson et Cox, 1993). L'âge des sujets de moins de 40 ans est sur-estimé, celui des plus de 70 est sous-estimé. Les mêmes indicateurs ont été utilisés

avec un traitement des données plus rigoureux par une régression multiple (Bocquet-Appel *et al.*, 1978). Les résultats de cette méthode ne sont cependant pas plus convaincants et son utilisation en paléodémographie est tout à fait déconseillée.

Pour parer aux problèmes du poids réel de chaque site dans l'estimation de l'âge, Lovejoy *et al.* (1985a) ont utilisé une approche statistique plus appropriée : l'analyse en composante principale. Chaque indicateur (surface auriculaire de l'*ilium*, transformation trabéculaire du fémur, sutures crâniennes, usure dentaire) est observé indépendamment sur l'échantillon de référence. Les observations sont saisies dans une matrice. L'analyse en composante principale permet de déterminer le facteur 1 qui est supposé représenter l'âge réel. Ce facteur permet de définir le poids des autres indicateurs, et l'âge final d'un individu est la moyenne des poids de tous les indicateurs disponibles. L'approche a été considérée comme un « bricolage des données » (Masset, 1990) et largement critiquée d'un point de vue statistique (Fairgrieve et Oost, 1995). Les conditions requises pour une analyse en composante principale ne sont pas remplies et les tests préalables à son utilisation toujours omis dans les publications. De plus, pour réaliser cette analyse, l'effectif doit être supérieur à 100, ce qui ne reflète pas la composition de la plupart de séries archéologiques (Meindl *et al.*, 1995). L'intérêt de la méthode réside dans le fait que les erreurs aberrantes d'un seul indicateur peuvent être corrigées par l'utilisation d'indicateurs supplémentaires (Bedford *et al.*, 1993), mais ce savant calcul du « Multifactorial Summary Age » ne donne pas de meilleur résultat qu'une simple moyenne de l'estimation de l'âge de chaque indicateur (Saunders *et al.*, 1992).

Une approche tenant compte de plusieurs indicateurs d'âge est devenue un véritable consensus (Lovejoy *et al.*, 1985a ; Iscan et Loth, 1989 ; Iscan et Boldsen, 1995 ; Meindl et Russel, 1997 ; Baccino *et al.*, 1999 ; Cunha et Crubézy, 2000 ; Ubelaker, 2000). Plus nous analysons d'indicateurs, plus nous avons d'informations. Mais les méthodes que nous venons de citer ne sont pas plus performantes que les méthodes utilisant des indicateurs isolés.

E2 - NECESSITE D'UNE METHODE MULTI-FACTORIELLE ?

La combinaison d'indicateurs est incontournable lorsque l'on utilise des indicateurs tels que la symphyse pubienne dont l'information sur l'âge est limitée à une fourchette entre 20 et 40 ans (Hanihara et Suzuki, 1978 ; Meindl *et al.*, 1985 ; Suchey *et al.*, 1986 ; Lovejoy *et al.*, 1995). Une méthode de Médecine légale (Baccino *et al.*, 1991, 1999 ; Baccino et Zerilli, 1997) complète l'utilisation des standards de la symphyse pubienne selon Suchey-Brooks avec celle mise au point sur les dents (Lamendin *et al.*, 1990, 1992). Or, l'utilisation de standards élaborés sur des populations de référence différentes pour chaque indicateur (Slaus, 2000) est une démarche à proscrire, en effet, dans ce cas, les biais et les inexactitudes se cumulent (Iskan et Loth, 1989 ; Theureau, 1996 ; Milner *et al.*, 2000).

L'utilisation de plusieurs indicateurs d'âge nécessite l'observation des indicateurs sur une même série ostéologique de façon à tenir compte de la variabilité intra-individuelle. De plus, d'un point de vue taphonomique, aucun squelette n'est âgé par tous les indicateurs (Kemkes-Grottenthaler, 1996), il faut donc prévoir différentes combinaisons selon la préservation. Nous proposons, en plus du traitement individuel de la surface sacro-pelvienne iliaque et de l'extrémité sternale de la quatrième côte, les combinaisons suivantes :

- la symphyse pubienne + la surface sacro-pelvienne iliaque,
- la symphyse pubienne + la surface sacro-pelvienne iliaque + l'extrémité sternale de la quatrième côte,
- la surface sacro-pelvienne iliaque + l'extrémité sternale de la quatrième côte.

En ce qui concerne le traitement des données, il ne faut pas omettre le fait que les indicateurs sont corrélés les uns aux autres. En effet, l'hypothèse de départ selon laquelle les indicateurs sont indépendants les uns des autres, est fausse (Roche *et al.*, 1988 ; Lucy et Pollard, 1995 ; Boldsen, 1997), mais nécessaire si l'on veut combiner les informations.

F - LES POPULATIONS DE REFERENCE

F1 - LES COLLECTIONS DE SQUELETTES D'AGE CONNU

a) les collections de médecine légale

Elles sont les sources principales du développement des méthodes d'estimation de l'âge au décès des adultes (Saunders *et al.*, 1992). La collection Hamann-Todd, créée au début du siècle, est largement étudiée aux Etats-Unis. Elle a servi de référence à de multiples standards (Lovejoy *et al.*, 1985a, 1985b ; Meindl *et al.*, 1985, Meindl et Lovejoy, 1985 ; Kunos *et al.*, 1999) ou à des études sur des phénomènes liés à l'âge (Mensforth et Latimer, 1989 ; Herschkovitz *et al.*, 1997 ; Leonetti *et al.*, 1997). L'âge au décès des individus pose cependant un problème (Lovejoy *et al.*, 1985a ; Gilbert et McKern, 1973) : cette collection souffre d'un manque d'informations fiables sur l'âge au décès. La collection Terry, conservée au Smithsonian Institut à Washington, constituée à la même époque, souffre des mêmes problèmes (Hunt, 1999), mais cette collection, dans le domaine de l'âge au décès, a surtout été utilisée pour tester la validité des méthodes (Murray et Murray, 1991 ; Galera *et al.*, 1999).

Des collections de médecine légale créées récemment comme celles du comté de Los Angeles (Department of Chief Medical Examiner-Coroner) composées de 739 hommes et 273 femmes (Suchey et Katz, 1986a; Suchey *et al.*, 1986 ; Katz et Suchey, 1990) et celle utilisée par Iscan *et al.* (1984a et 1984b) du Medical Examiner's Office du Comté de Broward sont des échantillons pour lesquels l'âge civil est sûr. Mais seulement certaines parties du squelette sont prélevées à l'autopsie. Il faut également noter que la mortalité de tels échantillons n'est pas naturelle. Les sujets autopsiés en médecine légale sont décédés de mort violente, la plupart des individus sont jeunes et de sexe masculin. Une bonne illustration est la collection de référence utilisée par Mc Kern et Stewart (1957) pour établir des standards sur l'âge : les corps sont ceux de soldats tués lors de la guerre de Corée.

Les collections constituées à partir d'autopsie dans le domaine médico-légale sont des échantillons particuliers. Cependant, il n'existe pas beaucoup de collections de squelettes dont l'âge au décès soit connu, on ne peut donc en négliger l'intérêt.

b) les populations provenant de cimetières

En dehors des collections constituées dans les départements de médecine légale suite à des autopsies, certaines collections proviennent de cimetières pour lesquels on possède des informations sur l'identité des individus (âge au décès, nom, sexe). Les plus anciennes sont des collections de sujets vivants au 18^{ème} et 19^{ème} siècles, constituées des squelettes exhumés de la crypte de l'Eglise de Spitalfields à Londres (Molleson et Cox, 1993), et du cimetière de l'Eglise Saint Thomas à Belleville dans l'Ontario (Saunders *et al.*, 1992, 1995). Une collection largement utilisée est celle du cimetière de l'hôpital de Coimbra au Portugal, remontant au début du 20^{ème} siècle (Rocha, 1995).

Outre le fait qu'elles soient d'âge connu, ces collections permettent d'éclairer la conservation différentielle des indicateurs. Dans la mesure du possible, il faut privilégier ce genre de collections dans le sens où elles sont plus proches des collections médiévales, proto- ou préhistoriques que les populations actuelles. Cependant, dans l'Europe du 19^{ème} siècle, des facteurs tels que l'industrialisation et l'urbanisation ne sont pas à négliger.

F2 - LA TAILLE DE L'ECHANTILLON DE REFERENCE

Dans la plupart des méthodes, un échantillon unique sert de référentiel et, en dehors de la collection de médecine légale multi-ethnique et multi-régionale créée par Suchey, la population de référence est très spécifique. Quelle que soit la méthode mise au point et l'analyse de la relation entre indicateur et âge chronologique, pour prendre en compte la variabilité inter-individuelle, il faut que l'échantillon soit suffisamment représentatif. Les effectifs des méthodes d'estimation de l'âge courantes sont, en général, légèrement supérieurs à 100 individus pour les méthodes macroscopiques. Les échantillons dont l'effectif est plus élevé sont ceux utilisés par Masset (1982) pour l'étude des sutures crâniennes et celui utilisé dans la méthode Suchey-Brooks. Pour les méthodes histologiques, les méthodes sont basées sur des échantillons vraiment restreints. Si les standards sont effectués sur très peu d'individus, par exemple, une centaine de cas, cela signifie que chaque âge (ou chaque classe d'âge) est peu représenté. Or, les méthodes basées sur des échantillons tels que celui de Masset (1982) et Suchey et Katz (1986a), suffisamment importants, présentent une variabilité importante. Plus l'échantillon est grand, plus il est représentatif et plus on peut se rendre compte de la variabilité. Un petit échantillon montre moins de variabilité, mais cela ne signifie pas que l'indicateur est performant : il l'est uniquement pour l'échantillon en question. Une des solutions peut être l'amalgame de petits échantillons (Cox, 2000).

Nous avons démontré dans le chapitre précédent que la variabilité de la sénescence des caractères osseux et dentaires s'exprime autant au niveau de l'individu que de la population. La création d'une population « synchrétique » constituée d'échantillons de différentes populations s'avère nécessaire pour englober la variabilité la plus large possible des changements morphologiques avec l'âge.

Dans cette perspective, nous favorisons l'étude de collections provenant de cimetières anciens dont l'âge au décès des individus est connu. Mais, pour avoir une vision la plus large possible de l'évolution d'un indicateur avec l'âge, il faut aussi tenir compte de son évolution dans le temps et dans l'espace. Les collections de cimetières récents et les échantillons de médecine légale, d'âge connu, se révèlent utiles, même si dans ce dernier cas, il ne faut pas perdre de vue le caractère spécifique de la distribution par âge.

F3 - LA DISTRIBUTION PAR AGE DE L'ECHANTILLON DE REFERENCE : UN CHOIX IMPORTANT

a) la distribution par âge : un biais majeur

En dehors du choix d'une population de référence appropriée à notre stratégie, un paramètre fondamental de l'échantillon de référence est sa distribution par âge. Cette distribution peut être un biais grave dans l'application des méthodes de l'estimation de l'âge au décès (Masset, 1976a ; Bocquet-Appel et Masset, 1977, 1982, 1985, 1996). L'effet de la distribution par âge est minime si la corrélation entre l'âge chronologique et l'indicateur de l'âge est proche de 0.9 (Bocquet-Appel et Masset, 1982, 1995 ; Masset, 1993 ; Rösing et Kvaal, 1998), ce qui n'est jamais le cas, ou si la distribution par âge est similaire entre la population de référence et la population dont on veut connaître la structure par âge (Masset, 1976b ; Konisberg et Frankenberg, 1992), mais ce paramètre est toujours inconnu.

Le problème des biais introduits par la distribution par âge de la population de référence a été parfaitement décrit par Bocquet-Appel et Masset (1982). A chaque stade d'évolution d'un indicateur correspond un âge moyen de la population de référence. Cette moyenne n'est pas biologique par nature, elle dépend beaucoup de la structure par âge de la population de référence. Si une régression linéaire est utilisée pour lier l'indicateur et l'âge chronologique, on s'aperçoit que la droite de régression est mobile et que cette mobilité dépend de la distribution par âge de la population. Si la population de référence est plus ou moins déséquilibrée en jeunes ou en vieillards, l'âge moyen estimé pour une population archéologique à partir d'un indicateur sera différent selon la population de référence (Bocquet-Appel *et al.*, 1978). Par conséquent, lorsqu'une méthode est appliquée, le résultat de

la distribution par âge estimé a tendance à ressembler à celui de la population de référence. La fonction ne duplique pas l'échantillon de référence mais produit un échantillon biaisé en direction de l'échantillon de référence (Konisberg et Frankenberg, 1992). Ce problème a fait l'objet de débats (Bocquet-Appel et Masset, 1982 ; Van Gerven et Armelagos, 1983 ; Buikstra et Konisberg, 1985 ; Mensforth et Lovejoy, 1985 ; Buikstra *et al.*, 1986 ; Siven 1991 ; Jackes, 1985, 1992, 1993). Cependant l'influence de la population de référence est maintenant largement reconnue et fait l'objet de nombreuses études pour tenter de l'éviter. En effet, conscient que les indicateurs d'âge ne sont pas fiables et que l'estimation de l'âge individuel est entachée d'erreur, le domaine de la paléodémographie a vu fleurir des méthodes statistiques très sophistiquées pour calculer la distribution par âge d'une population dont l'âge au décès est inconnu sans passer par l'âge individuel au décès.

b) les méthodes itératives

On peut noter, par exemple, les méthodes itératives (iterative proportional fitting) proposées par Konisberg et Frankenberg (1992) et Bocquet-Appel et Bacro (1997). Mais, elles se sont avérées inefficaces pour obtenir la distribution par âge d'une population (Bocquet-Appel et Masset, 1996 ; Jackes, 2000). Elles sont, en fait, plus adaptées à donner l'âge moyen au décès. Mais, l'étude d'une population de squelettes ne peut se contenter de cette information (Molleson, 1993a ; Hoppa et Saunders, 1998 ; Jackes, 2000). En effet, celui-ci ne reflète pas les différences éventuelles de la structure par âge entre deux populations (Milner *et al.*, 2000). Les méthodes itératives se basent sur le fait que l'échantillon cible est représentatif de la population dont il provient (Chamberlain, 2000). En effet, même si ce n'est pas l'âge estimé de chaque individu qui est pris en compte, la distribution de chaque stade d'évolution d'un indicateur par classe d'âge, regroupée en tableau de contingence, provient des observations faites sur le squelette de chaque spécimen. Les procédures statistiques ne peuvent pas surmonter les limites d'un échantillon biaisé au départ et d'un mauvais indicateur d'âge (Meindl et Russel, 1997) comme le prouve l'étude de Hoppa *et al.* (1999). La « fitting mixture distribution » ne s'est pas révélée concluante.

c) solutions proposées

Le problème vient du fait que chaque classe d'âge présente toutes les phases d'un même indicateur. Seule la proportion d'individus présents dans chacune des phases varie (Masset, 1990). On ne peut donc pas distinguer les paramètres verticaux, propres et uniques à chaque

classe d'âge et les paramètres horizontaux qui se rencontrent dans plusieurs classes (Bocquet-Appel, 1977).

Pour pallier ce problème, Bocquet-Appel et Masset (1982) et Masset (1982) proposent d'utiliser une population dont la distribution par âge serait uniforme, possédant le même nombre d'individus dans chaque classe d'âge. Dans la réalité, les populations naturelles présentent rarement la même probabilité de mourir dans toutes les classes d'âge. L'uniformité de la distribution par âge est biologiquement impossible et hautement improbable (Buikstra et Konisberg, 1985 ; Konisberg et Frankenberg, 1992).

Ce que l'on cherche à obtenir en étudiant les indicateurs d'âge, c'est $p(a|\theta_i)$, la probabilité qu'un sujet meurt à l'âge a étant donné la caractéristique (θ_i) de son squelette, série de caractères observés sur le même squelette d'un échantillon de référence (Konisberg et Frankenberg, 1992 ; Konisberg *et al.*, 1994). Or, en étudiant les indicateurs on obtient plutôt $p(\theta_i|a)$, c'est à dire la probabilité qu'un squelette possède telle ou telle caractéristique en fonction de son âge. Mais ce qu'on veut obtenir, c'est $p(a|\theta_i)$. Pour ne pas être influencé par la structure par âge, de la population de référence, il faut inclure $f(a)$, la fonction déterminant la distribution de la population ancienne étudiée, soit la probabilité qu'un individu pris au hasard est l'âge a . On doit définir $f(a)$ *a priori*.

Une solution est la distribution de l'âge au décès dérivée d'un modèle de mortalité paramétrique (Gowland et Chamberlain, 1999 ; Chamberlain, 2000 ; Milner *et al.*, 2000).

Les données *a priori* doivent prendre en compte un schéma de mortalité réel et connu. Nous proposons d'utiliser les tables de mortalité de Ledermann (1969) avec le choix d'une espérance de vie à la naissance de 30 ans étant donné que les quotients de mortalité sont quasiment identiques que l'on prenne une espérance de vie à la naissance de 20, 25, 30, 35 ou 50 ans (figure II.1).

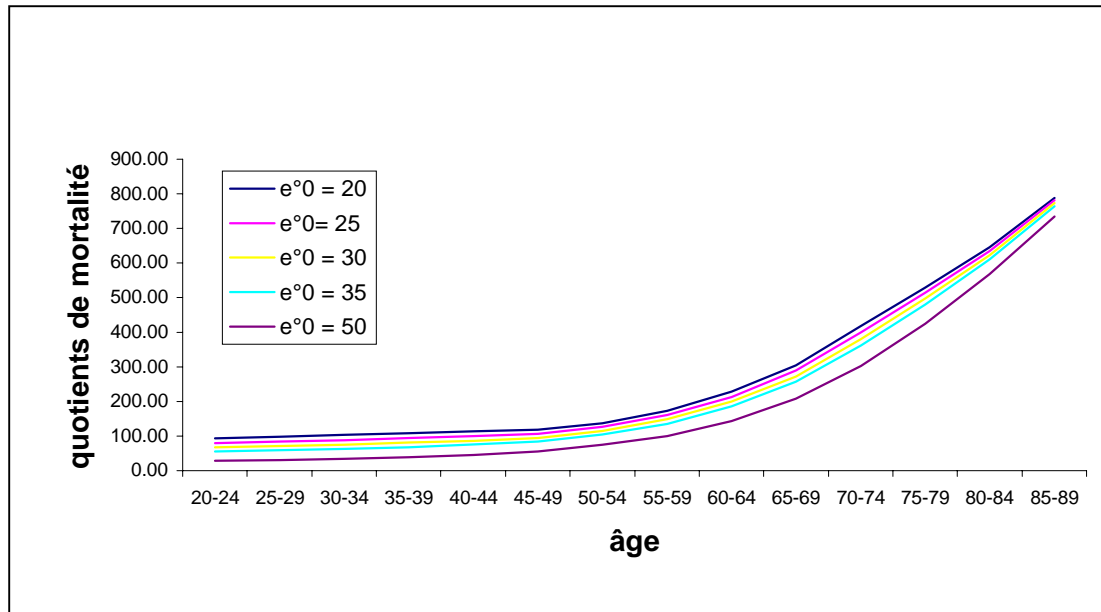


Figure II.1 : quotients de mortalité en fonction de l'espérance de vie à la naissance(e_0)

G - TRAITEMENT DES DONNEES : PREDICTION DE L'AGE AU DECES

G1 - L'ATTRACTION DE LA MOYENNE : UN PIEGE A EVITER

Les outils utilisés pour prédire l'âge chronologique à partir des indicateurs ne tiennent pas compte de la variabilité biologique et ne sont pas appliqués avec toutes les précautions que requiert un outil statistique qui se base sur des hypothèses de départ. Pour la paléodémographie, le biais fondamental est **l'attraction de la moyenne** que l'on observe dans les prédictions par régression linéaire et par âge moyen d'une phase morphologique. L'âge des individus vieux est sous-estimé et celui des jeunes surestimé. Cette tendance d'ordre méthodologique a été interprétée en terme de mortalité des populations du passé. Or, même avec une espérance de vie à la naissance de 25 ans, les tables de mortalité montrent des survivants au delà de 50 ans (Chamberlain, 2000). Cette erreur de jugement a été soulignée dès 1975 par Masset, mais il est encore nécessaire de nos jours de rappeler que ce résultat est produit par un biais méthodologique (Ayckroid *et al.*, 1999 ; Cox, 2000 ; Jones et Ubelaker, 2001).

G2 - A LA RECHERCHE D'UN OUTIL ADAPTE AU PARAMETRE DE L'AGE

Etant donné que nous observons des caractères morphologiques, donc qualitatifs, l'utilisation de la régression est à proscrire. On peut traiter des degrés de changements qualitatifs comme des données continues, mais il est plus approprié de les considérer comme des données ordinales (Jackes, 2000). Pour utiliser la régression avec des données de type ordinal, cela implique la création d'un système par score croissant, pour avoir des données continues. Mais ce procédé induit une perte d'informations importantes étant donné que chaque caractère est considéré comme ayant le même poids dans l'estimation (Lucy *et al.*, 1995). Ce système ne prend pas en considération que les modifications morphologiques avec l'âge des différents caractères des indicateurs ne sont pas simultanées.

Les phénomènes osseux ou dentaires liés à l'âge, ne sont pas linéaires, il est donc nécessaire de chercher des traitements de données plus appropriés que ceux proposés dans les méthodes courantes. La justification de la méthode proposée n'est pas à chercher dans le domaine de la statistique mais celui de la biologie humaine (Boldsen, 1988) .

Etant donné que la plupart des phases morphologiques des indicateurs est présente dans toutes les classes d'âge, il faut tenir compte de ce phénomène et essayer d'extraire des informations par rapport aux fréquences. Un traitement probabiliste est, pour le moment, celui qui reflète le mieux ce phénomène. La première étude de ce genre a été faite par Masset (1982) sur les sutures crâniennes : les vecteurs de probabilité. Mais il s'agit d'une application essentiellement paléodémographique puisque l'estimation porte sur la population totale et non pas sur l'individu. La même proposition a été faite par Rougé (1993) sur la symphyse pubienne. Jackes (1985) a étudié les données individuelles de Suchey-Brooks (1986a) pour proposer un âge individuel probable selon la phase morphologique. La même démarche a été proposée pour la méthode complexe d'Acsádi-Nemeskeri (Theureau, 1996).

L'utilisation d'analyses en catégories, en intervalles chronologiques, permet de se libérer de l'estimation de l'âge par phase (Jackes, 2000). Nous utilisons les phases morphologiques des indicateurs, non comme des estimateurs mais comme des catégories de changement au cours de la vie adulte.

Lucy *et al.* (1996) ont proposé d'utiliser l'**approche bayésienne**. C'est un outil statistique couramment exploité en sciences médicales (Spiegelhalter *et al.*, 1999), en génétique (Vieland et Hodge, 1998 ; Shoemaker *et al.*, 1999), en archéologie (Buck *et al.*, 1996), en médecine légale (Foreman *et al.*, 1999 ; Acree, 1999) et en paléanthropologie (Konisberg et Frankenberg, 1992 ; Lucy *et al.*, 1996 ; Konisberg *et al.*, 1998 ; Gowland et Chamberlain, 1999 ; Chamberlain, 2000). L'approche bayésienne est tout à fait adaptée aux données ordinales destinées à estimer l'âge. Elle prend en compte la fréquence de chaque caractère dans chaque classe d'âge et donne par conséquent une vision plus juste des changements morphologiques qui évoluent avec l'âge. Les résultats sont donnés sous forme de probabilité d'appartenir à des classes d'âge préalablement déterminées. Le modèle bayésien ne se situe pas autour d'une moyenne, contrairement à l'analyse régressive, mais prend en compte tous les individus de l'échantillon de référence (Ayckroyd *et al.*, 1999).

Un autre outil a déjà prouvé son intérêt dans les diagnostics cliniques et médicaux (Baxt, 1990, 1995 ; Fujita *et al.*, 1992 ; Poli *et al.*, 1991 ; Hamilton *et al.*, 1997 ; Armoni, 1998). Il s'agit des **réseaux de neurones artificiels**. C'est un terme générique regroupant différents types d'algorithmes tentant de simuler le fonctionnement du cerveau. Le réseau de neurones artificiels est né d'une tentative de modéliser les phénomènes cognitifs du cerveau humain pour résoudre des problèmes complexes.

L'approche et les résultats du traitement bayésien sont décrits dans le chapitre V, les réseaux de neurones artificiels sont l'objet du chapitre VI.

H - CONCLUSION

A l'heure actuelle, on ne peut que constater l'échec des méthodes courantes pour estimer l'âge au décès des individus adultes. Cet échec a deux sources : la variabilité de la sénescence à laquelle s'ajoute des écueils méthodologiques. Le manque de concordance entre les observateurs, des populations de référence inadéquates, une absence de validation sur des échantillons indépendants et des outils de prédictions non appropriés ne font qu'augmenter les imprécisions et les biais.

Il est nécessaire, désormais, de tenir compte de la variabilité et de tenter de l'exploiter plutôt que de l'ignorer. Nous devons extraire l'information donnée par la sénescence en étudiant la fréquence des changements morphologiques liés à l'âge des indicateurs les plus utilisés en paléoanthropologie. Dans ce but, nous proposons :

- **de changer les systèmes de cotations courants afin d'obtenir une meilleure reproductibilité,**
- **d'englober une variabilité maximale en étudiant plusieurs échantillons d'origines géographiques différentes,**
- **de faire en sorte que la distribution par âge des échantillons de référence soit conforme à la réalité,**
- **de traiter les données par une approche probabiliste,**
- **de tester le potentiel des réseaux de neurones artificiels face à notre problématique.**

CHAPITRE III

LES ECHANTILLONS ETUDIES

Sélections des individus dans les collections

La sélection des individus a été réalisée afin d'obtenir une répartition plus ou moins homogène par classe d'âge selon les spécimens disponibles dans les collections. La distribution par âge des échantillons sera ensuite rendue conforme à des modèles de distribution précis avec un tirage aléatoire des individus.

Dans tous les échantillons sélectionnés et collections complètes observés, ont été retirés les cas mal conservés et les squelettes montrant des atteintes de certaines maladies affectant l'os, telles que la tuberculose, la spondylarthrite ankylosante, etc. Ont été gardés les spécimens atteints de la maladie hyperostotique et d'ostéoarthrose, ces deux maladies étant liées, en partie à l'âge.

A - LES COLLECTIONS PROVENANT DE CIMETIERES

A1 - PORTUGAL (UNIVERSITE DE COIMBRA)

La collection de squelettes identifiés est présentée de façon détaillée dans le travail de Rocha (1995). Elle est constituée de 505 individus. La série a été réunie par le Professeur Eusébio Tamagnini. 498 squelettes ont été exhumés du cimetière de Coimbra (Cemitério da Conchada) et 7 squelettes proviennent de salle de dissection du Musée Anatomique de l'Université de Coimbra.

Les individus de cette collection sont nés entre 1826 et 1922 et décédés entre 1904 à 1938.

Ils sont pour la plupart d'origine portugaise. Leur lieu de naissance est donné dans le registre nécrologique.

De cette collection, nous avons sélectionné 59 hommes et 67 femmes (n=126) (figure III.1).

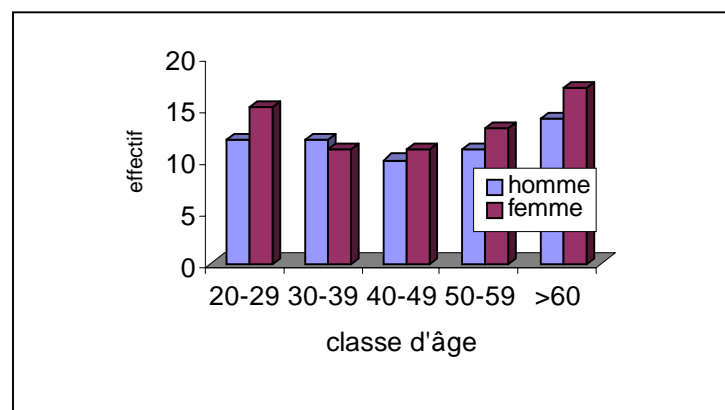


Figure III.1 : effectif par classes d'âge et par sexe de l'échantillon portugais

A2 - ANGLETERRE (MUSEE D'HISTOIRE NATURELLE DE LONDRES)

La collection de Spitalfields

Cette collection est très bien documentée (Molleson et Cox, 1993). Nous avons accès, non seulement à l'identité, mais également à de nombreux paramètres sociaux et biologiques ayant influencé l'état sanitaire de la population (par exemple, le métier, le nombre d'enfants, l'influence de la pollution sur le climat).

La collection est constituée de 986 individus dont 40% sont d'âge et de sexe connus. Ces individus sont nés entre 1646 et 1844 (65% des sujets sont nés avant 1700 et 15% après 1800). Les décès ont eu lieu entre 1729 et 1852. 40% des sujets identifiés ont été inhumés au 18^{ème} siècle. La proportion de juvéniles et d'adultes est moindre que celle qui était envisagée pour une population du 18^{ème}. On peut penser qu'il y a eu sélection des individus inhumés. Le nombre de femmes et d'hommes est à peu près identique.

Nous avons observé 85 hommes et 78 femmes (n=163) (figure III.2).

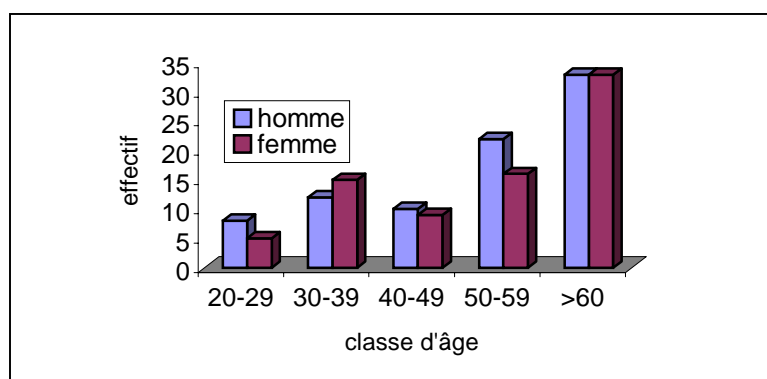


Figure II.2 : effectif par classes d'âge et par sexe de l'échantillon anglais étudié

L'origine de la population est française et anglaise. En effet, 41.6% (161/387) des individus possèdent des noms plutôt français (origines Saintonge, Bordelaise). Les huguenots s'étant réfugiés en Europe, notamment en Angleterre suite à l'intolérance religieuse vis à vis des protestants en France. 33.1% des individus portent des noms anglais et 25.3% des noms d'origine ambiguë ou inconnue.

A3 - SUISSE : (UNIVERSITE DE GENEVE)***La collection Gemmerich : squelettes récents Vaudois***

Cette collection est présentée dans la thèse de Gemmerich (1999). Elle a été constituée à partir de 11 cimetières du canton de Vaud. Les individus ont été exhumés lors de fin de concessions. Les décès s'étendent de 1930 à 1960.

La collection comprend 151 individus, 103 hommes et 48 femmes. Les âges s'étendent de 6 à 93 ans. 56% de l'effectif ont plus de 70 ans, 35% entre 20 et 60 ans, 8% moins de 20 ans.

Le taux élevé de personnes âgées démontrent des conditions de vie, d'alimentation et d'hygiène favorables.

La totalité de la collection a été observée. Nous avons pu étudier 73 hommes et 36 femmes (n=109) (figure III.3). Les côtes sont précieusement conservées pour d'éventuelles études génétiques ; elles ne sont donc pas consultables.

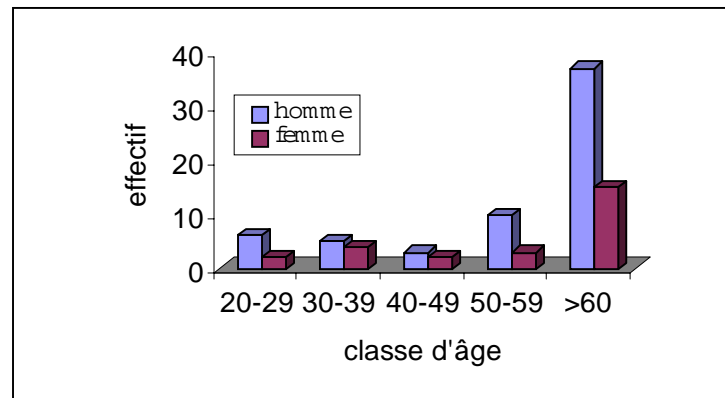


Figure III.3 : effectif par classes d'âge et par sexe de l'échantillon suisse

L'origine des individus est helvétique. Il s'agit de populations rurales ouvrières qui n'ont pas été perturbées par les mouvements migratoires devenus importants en Suisse dès 1950.

Selon l'Office statistique du Canton de Vaud, la plupart des décès sont dus à des causes vasculaires et aux premiers accidentés de la route.

A4 - ESPAGNE : (UNIVERSITE COMPLUTENSE DE MADRID)

Collection du Département de Médecine Légale

Cette collection a été constituée récemment. Le département de Médecine légale a récupéré les squelettes des exhumations du cimetière Alcione de Madrid lorsque celui-ci a été réaffecté. La collection est constituée de 45 hommes et 51 femmes (N = 96) décédés à des âges avancés, pour la plupart décédés au 20^{ème} siècle.

La collection entière a été observée, mais les cas ayant eu des atteintes traumatiques retirés (prothèse de la hanche, par exemple). Nous avons étudié 26 hommes et 38 femmes (N=64), la distribution est présentée dans la figure III.4.

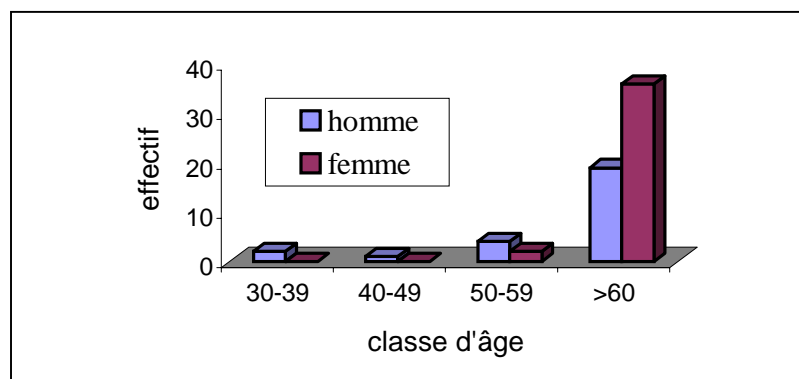


Figure III.4. : effectif par classes d'âge et par sexe de l'échantillon espagnol

Nous disposons des informations sur le sexe et l'âge au décès de chaque individu. En revanche, les causes de décès et l'origine des individus n'ont pas encore fait l'objet de recherches.

B - LES COLLECTIONS DE MEDECINE LEGALE

B1 - FRANCE (HOPITAL LAPEYRIE DE MONTPELLIER)

Collection du Département de Médecine légale

Cette collection n'est pas constituée de squelettes complets, seules les extrémités sternales des quatrième côtes, les symphyses pubiennes et parfois les extrémités sternales des clavicules ont été prélevées à l'autopsie. Cette collection a été constituée par le Docteur Baccino.

Les autopsies ont été effectuées à Brest entre 1996 et 1997 et à Montpellier entre 1998-1999.

Il s'agit d'une population de médecine légale « typique », les causes de décès sont des morts violentes et la majorité des individus sont des hommes.

La collection est constituée de 151 individus dont l'âge civil est connu : 120 hommes et 31 femmes. Ont été observé tous les individus (figure III.5).

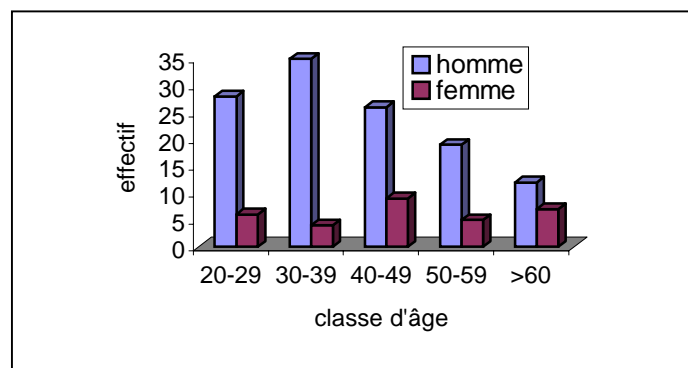


Figure III.5 : effectif par classes d'âge et par sexe de l'échantillon français

B2 - ETATS UNIS (MUSEE D'HISTOIRE NATURELLE DE CLEVELAND-OHIO)

La collection Hamann-Todd

La collection est constituée de 3157 squelettes dont les origines géographiques sont variées. Elle a été rassemblée entre 1912 et 1938 par le Département d'Anatomie de l'Université « Western Reserve ». Les individus sont nés entre 1825 et 1910.

Les individus viennent d'une communauté industrielle urbaine. La plupart possédaient un statut économique très bas. Les décès sont dus à des maladies infectieuses (tuberculose, maladie vénérienne) ou dégénératives (ostomyélite périostitis) beaucoup plus rares de nos jours dans les sociétés dites « avancées technologiquement » (Mensforth and Latimer, 1989).

La collection représente en fait un échantillon biaisé de l'Amérique industrielle du début du

20^{ème} siècle. Cependant, elle a été constituée avant le développement des traitements antimicrobiens, des thérapies hormonales de remplacement et des suppléments nutritionnels.

L'utilisation de la collection Hamann-Todd a été critiquée pour les études sur l'estimation de l'âge au décès (Katz et Suchey, 1986 ; Iscan et Loth, 1989). Les squelettes sont ceux d'individus qui n'ont jamais été réclamés par des proches. Par conséquent, les âges donnés par l'hôpital et par la mairie sont approximatifs. Pour beaucoup d'individus en effet, l'estimation de l'âge au décès est arrondie aux âges décennaux ou quinquennaux les plus proches (Gilbert et Mc Kern, 1973). Cependant, une étude minutieuse du cadavre et du squelette était faite par le Docteur Todd et son équipe. Chaque âge supposé était commenté. Meindl et ses collègues (1990) pensent que ces commentaires suffisent à valider l'âge au décès. Les âges de 262 spécimens (16 % de la collection) possèdent la mention « certainement correct » et peuvent être utilisés dans l'estimation de l'âge au décès (Lovejoy *et al.*, 1985a).

A partir de la liste complète des squelettes, les spécimens dont l'âge était multiple de 5, ont été retirés. Nous avons sélectionné aléatoirement 10 individus d'origine européenne de chaque sexe dans chaque classe décennale de 20 à 90 ans. Nous avons sélectionné également des individus d'origine africaine (5 dans chaque classe quinquennale). Nous avons, ensuite, vérifié dans les registres, l'âge attribué par l'hôpital et l'âge donné par les anatomistes. Lorsque les deux informations ne concordaient pas, nous avons sélectionné un autre individu. Nous avons étudié 57 hommes et 56 femmes d'origine européenne (N=113) et 32 hommes et 29 femmes d'origine africaine (N=61). Les figures II.6 et II.7 montrent la distribution par âge et par sexe de ces deux échantillons.

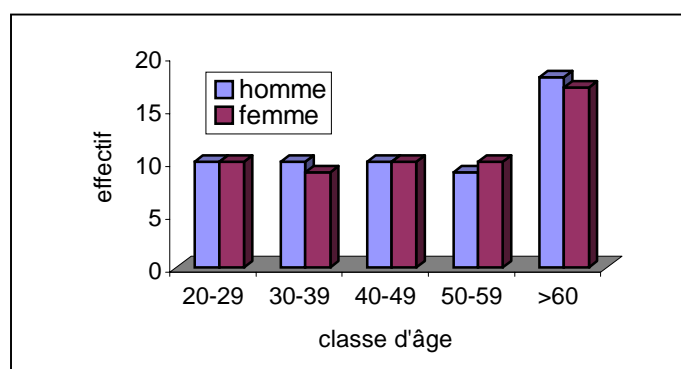


Figure III.6 : effectif par classes d'âge et par sexe de l'échantillon américain d'origine européenne

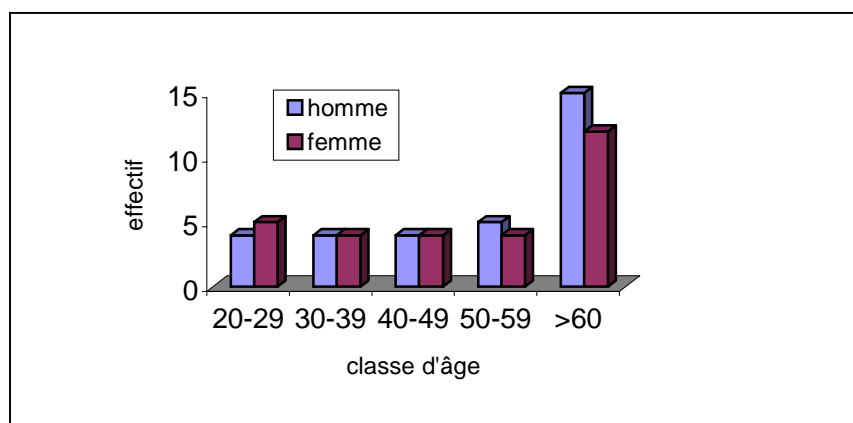


Figure III.7 : effectif par classes d'âge et par sexe de l'échantillon américain d'origine africaine

C – SYNTHÈSE

Au total, nous avons observé 440 hommes et 320 femmes d'âge et de sexe connus (tableau III.1).

Tableau III.1 : effectif total par classes d'âge et par sexe des échantillons étudiés

classe d'âge	homme	femme
20-29	68	38
30-39	80	47
40-49	64	45
50-59	80	53
>60	148	137

Toutes les parties anatomiques que nous désirions observer ne sont pas consultables ou présentes dans toutes les collections. Le tableau III.2. récapitule les sites anatomiques observés par collections.

Tableau III. 2 : sites anatomiques consultables sur les collections

Collection/indicateurs	Symphyse pubienne	Surface sacro-pelvienne iliaque	Quatrième côte
Portugal	oui	oui	oui
Suisse	oui	oui	non
Espagne	oui	oui	oui
France	oui	non	oui
Angleterre	oui	oui	oui
Etats-Unis	oui	oui	oui

CHAPITRE IV
NOUVEAUX SYSTEMES DE COTATION ET
ETUDE DES INDICATEURS OSSEUX

Nous avons justifié le choix des indicateurs dans le chapitre II. Il s'agit des changements morphologiques de la symphyse pubienne, de la surface sacro-pelvienne iliaque et de l'extrémité sternale de la quatrième côte. Nous exposons, dans ce chapitre, les nouveaux systèmes de cotation et les traitements statistiques nécessaires à une étude préalable sur les paramètres sexe et âge.

A - INDICATEURS MODIFIES ET LEUR COTATION

Pour estimer l'âge au décès des adultes, l'utilisation de la symphyse pubienne, de la surface sacro-pelvienne iliaque et de l'extrémité sternale de la quatrième côte, se fait par l'observations de plusieurs critères anatomiques pour attribuer un stade morphologique unique. Mais, ces critères n'évoluent pas simultanément. Nous proposons donc un nouveau système de cotation, largement inspiré des méthodes initiales, qui permet de prendre en compte ce phénomène. Le fait de traiter les caractères de chaque indicateur séparément, permet également de faciliter l'observation et de rendre la méthode reproductible par n'importe quel observateur.

Des tests de fidélité et de reproductibilité par 4 observateurs, effectués avant la proposition définitive des systèmes ont permis d'améliorer considérablement la précision des définitions surtout pour la symphyse pubienne et la surface sacro-pelvienne iliaque.

A1 - NOUVEAU SYSTEME DE COTATION DE LA SYMPHYSE PUBIENNE (SPU)

a) choix des caractères à observer

Pour la mise au point d'un nouveau système de cotation avec des critères séparés, nous nous sommes surtout inspirés de la méthode Suchey-Brooks (1986) et de celle de McKern et Stewart (1957). D'un point de vue général, la méthode Suchey-Brooks est la moins critiquable (Rougé, 1993 ; Rougé *et al.*, 1992). Le regroupement des stades de la méthode Todd (1920, 1921), sur laquelle elle se base, a suivi un traitement statistique rigoureux (Katz et Suchey, 1986 ; Suchey *et al.*, 1986) et pris en compte la variabilité des phénomènes (Suchey et Katz, 1986a ; Brooks et Suchey, 1990).

Nous avons choisi d'observer la demi-face postérieure (A) et la demi-face antérieure (B), caractères établis par McKern et Stewart (1957). Les demi-faces postérieure et antérieure ont une évolution morphologique liée, puisqu'il s'agit du processus de maturation de la symphyse pubienne. Cependant, la transformation d'une zone par rapport à l'autre est variable. Elles n'évoluent pas simultanément. Nous avons donc séparé ces deux critères morphologiques.

Les extrémités inférieures et supérieures de la symphyse pubienne sont liées à la formation du rempart ventral (Meindl *et al.*, 1985), elles font partie intégrante de sa reconnaissance.

Nous l'avons déjà précisé, l'apparition et la sévérité des lésions dégénératives qui succèdent à la formation de la symphyse pubienne sont très aléatoires. Ces lésions sont de plusieurs ordres.

➤ Résorption osseuse aux zones d'insertions ligamentaires

Ce phénomène est plus fréquent chez les femmes ayant eu plusieurs grossesses. La résorption est concomitante à la relaxation des ligaments pendant la grossesse et l'accouchement. Aux zones d'insertion de ces ligaments, l'os se résorbe³. Mais ce phénomène de résorption peut aussi être présent chez quelques femmes nullipares, et quelques hommes (Stewart, 1957 ; Suchey *et al.*, 1979 ; Cox, 1989 ; Tague, 1990), ce qui signifie que d'autres facteurs induisent cette résorption osseuse. La résorption peut également être due aux traumatismes de la grossesse et de l'accouchement (Angel, 1969 ; Putshar, 1976 ; Bergfelder et Hermann, 1980) ou/et à l'excessive mobilité du pubis pendant la locomotion (Andersen, 1986). Il est probable que ces hypothèses interagissent. La résorption osseuse aux zones d'attaches des ligaments subit probablement l'effet de nombreux paramètres en dehors de l'âge.

➤ Epaississement des bords de la face

La formation de la lèvre postérieure (C) de la symphyse pubienne est la plus informative sur l'âge (Meindl *et al.*, 1985 ; Pasquier *et al.*, 1999). Les changements dégénératifs du côté antérieure sont trop variables pour être intégrés dans le système de cotation.

b) nouveau système de cotation

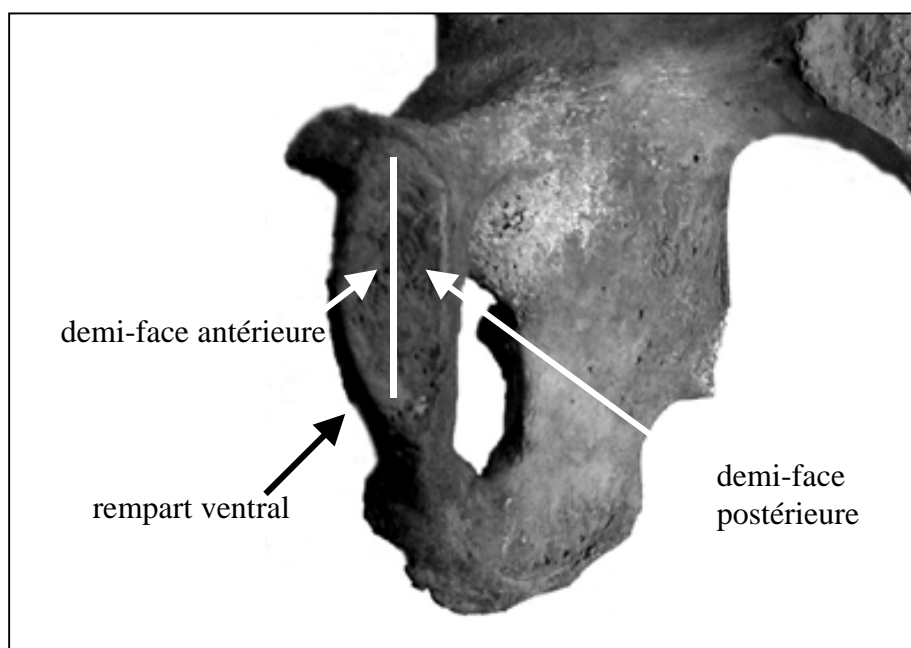
Trois caractères sont donc retenus :

- **SPUA** : la demi-face postérieure (figure IV.1),
- **SPUB** : la demi-face antérieure (figure IV.1),
- **SPUC** : la lèvre postérieure.

³ Les oestrogènes induisent la synthèse d'enzymes ostéoclastiques ; la relaxine active ou désactive ces enzymes pendant la grossesse (Bryant-Greenwood et Schwabe, 1994 ; Samuel *et al.*, 1996)

Orientation : pour observer les caractères SPUA et SPUB, l'os coxal doit être orienté avec la symphyse face à l'observateur (figure IV.1).

Figure IV.1 : orientation de l'os coxal droit pour évaluation des caractères SPUA, SPUB



Caractère SPU A : la demi-face postérieure

Le processus de maturation de la demi-face postérieure est en fait, le passage d'un aspect métaphysaire (crêtes et sillons) à une surface plate.

SPU A1 : présence de crêtes et de sillons bien définis, orientés perpendiculairement à l'axe de la symphyse pubienne (score 1).



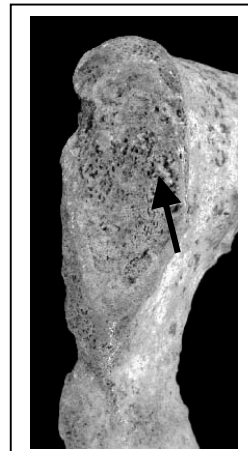
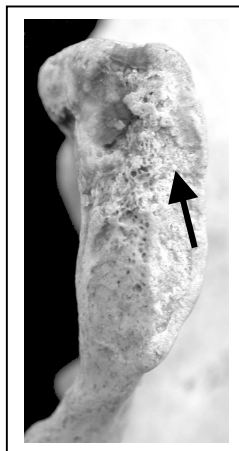
symphyse pubienne droite, vue médiale

SPU A2 : la demi-face postérieure est en cours de remodelage. Elle subit un processus d'ossification. Les crêtes et sillons sont largement atténués ou complètement absents. On peut voir des nodules osseux distincts (score 2).



symphyse pubienne droite, vue médiale

SPU A3 : le remodelage de la demi-face postérieure est achevé, elle est régulière. Absence totale de nodules osseux. Le bord postérieur est bien délimité (score 3).



symphyses pubiennes droites, vue médiale

Caractère SPU B : la demi-face antérieure et le rempart ventral

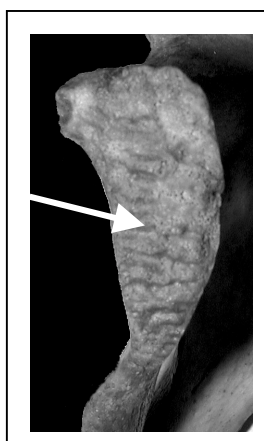
Les changements morphologiques de la demi-face antérieure sont liés à la formation du rempart.

Ce rempart est plus évident à observer chez certaines femmes, grâce au développement de l'arc ventral (Sutherland et Suchey, 1991). Cet arc ventral est typique de la morphologie féminine lorsqu'il est présent. Il délimite bien ce que nous appelons le rempart ventral.

La reconnaissance du rempart ventral pose un problème. Il est difficile de choisir entre sa formation et sa destruction lors du vieillissement (Suchey, 1979b). La délimitation des contours de la symphyse entre directement dans ce diagnostic.

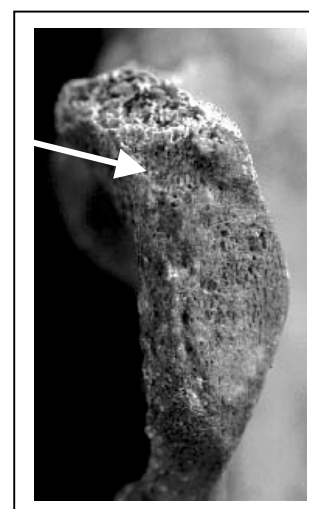
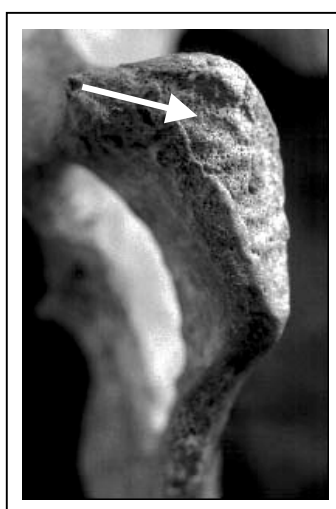
Le rempart s’observe dans le même plan que la symphyse.

SPU B1 : la demi-face antérieure est constituée de sillons et de crêtes, orientés perpendiculairement à l’axe de la symphyse pubienne. Le rempart est absent. Il n’y a aucune formation sur le bord ventral adjacent à la symphyse (score 1).



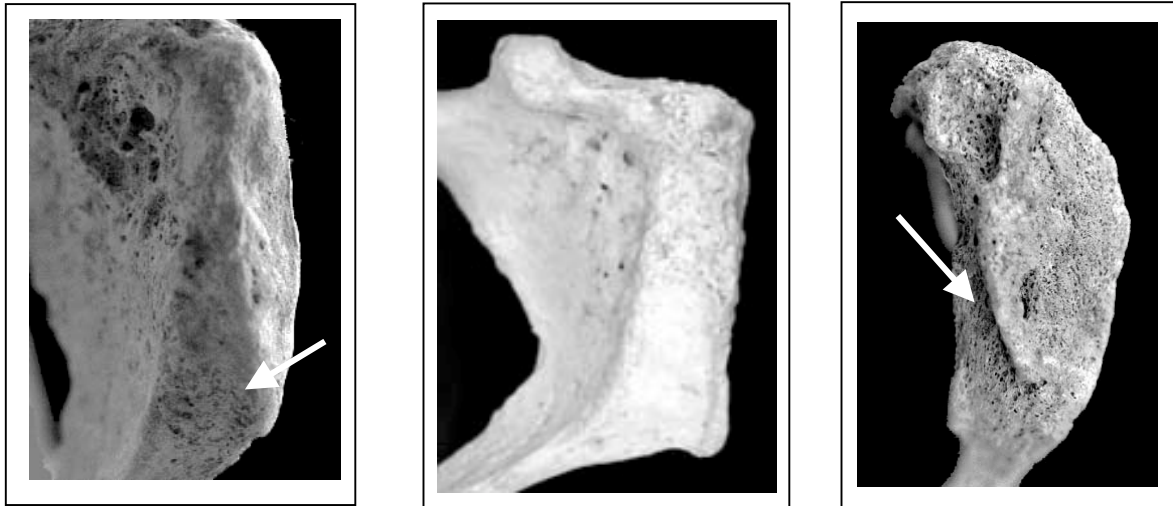
symphyse pubienne droite, vue médiale

SPU B2 : le rempart est en formation. On distingue sa partie inférieure. Le bord inférieur de la face de la symphyse forme un triangle distinct. Le bord antérieur de ce triangle délimite la partie inférieure du rempart ventral. La partie supérieure du rempart n’est pas formée. Il y a un hiatus osseux. Ce hiatus est une dépression de l’os par rapport au niveau de la surface de la symphyse (score 2).



symphyses pubiennes droites, vue médiale

SPU B3 : la formation de la partie ventrale et supérieure du rempart est achevée. Le rempart se développe sur toute la longueur de la symphyse. Son épaisseur est variable. Les contours de la face de la symphyse sont claires (score 3).

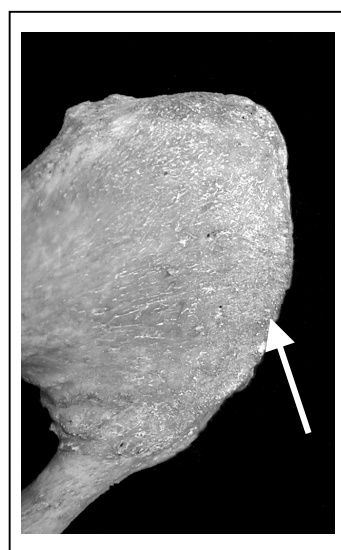


symphyses pubiennes droites, vue antéro-médiale

Caractère SPU C : la lèvre postérieure

Orientation : ce caractère s'observe en orientant le coxal avec la partie postérieure de l'aile iliaque face à l'observateur.

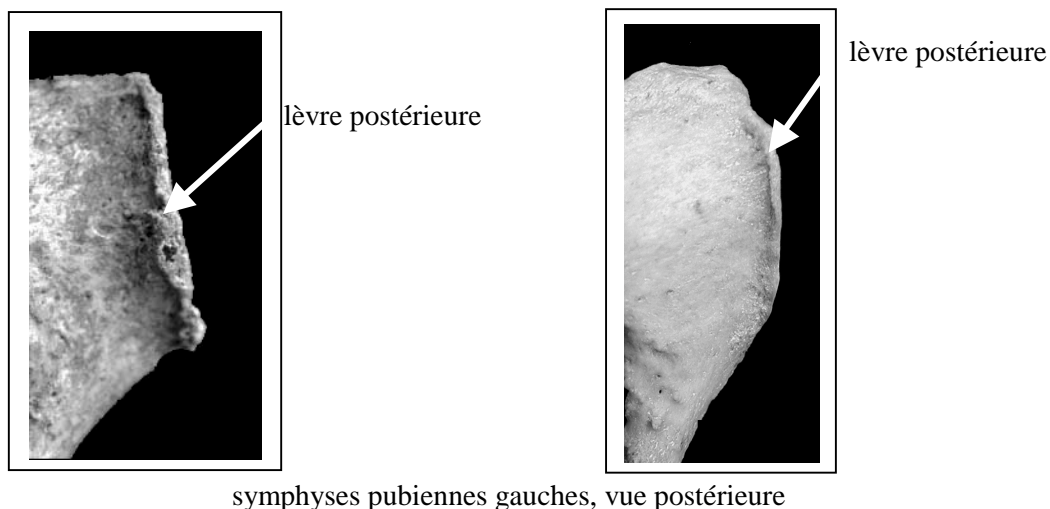
SPU C1 : lèvre postérieure sans débordement (score 1).



bord postérieur

symphyse pubienne gauche, vue postérieure

SPU C2 : lèvre postérieure débordant sur le segment du pubis adjacent à la symphyse pubienne (score 2).



A2 - NOUVEAU SYSTEME DE COTATION DE LA SURFACE SACRO-PELVIENNE ILIAQUE (SSPI)

L'intérêt de la surface sacro-pelvienne iliaque (figure IV.2) réside dans la prolongation des changements dégénératifs après 50 ans (Lovejoy *et al.*, 1985b ; Bedford *et al.*, 1993, Lovejoy *et al.*, 1995), mais son application est complexe (voir chapitre II).

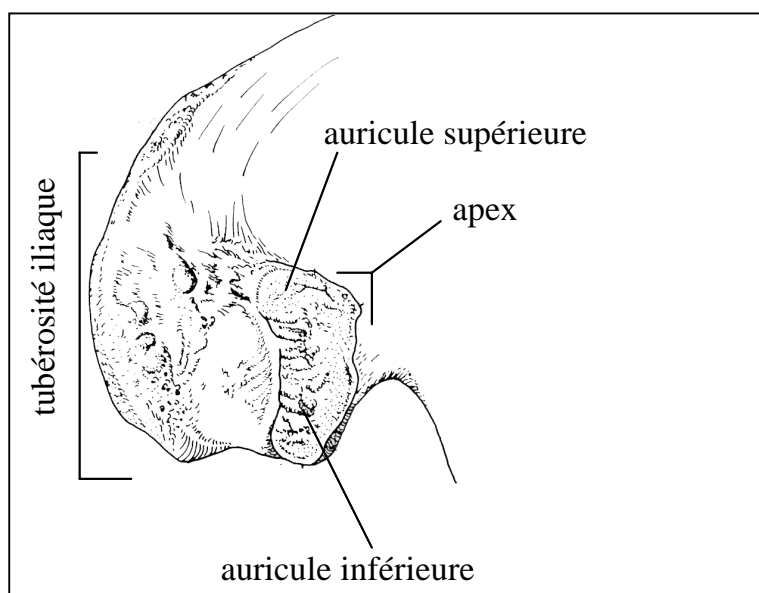


Figure IV.2 : surface sacro-pelvienne iliaque (Lovejoy *et al.*, 1985b)

Pour éviter les différences d'interprétation de l'évolution des caractères entre observateur, il est nécessaire de minimiser le nombre de stades morphologiques observables et de traiter les caractères séparément. Les cotations de la surface sacro-pelvienne iliaque ont été l'objet d'une transformation (Schmitt et Broqua 2000a, 2000b).

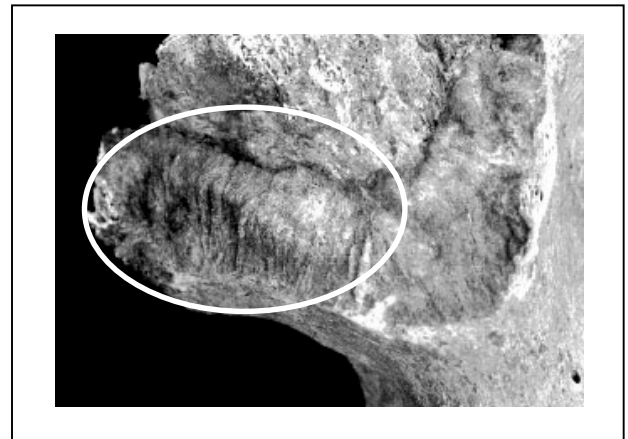
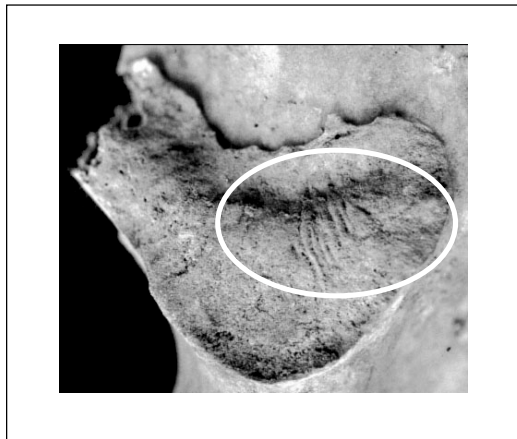
Quatre caractères ont été retenus :

- **SSPIA** : l'organisation transverse,
- **SSPIB** : la transformation de la texture et le développement des porosités sur la surface auriculaire qui ont été réunies dans un caractère nommé modification de la surface,
- **SSPIC** : la modification apicale,
- **SSPID** : la modification de la tubérosité iliaque.

Caractère SSPI A : l'organisation transverse

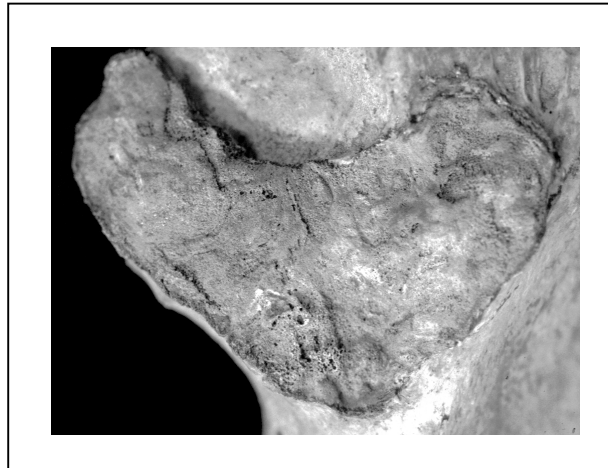
Les ondulations et les stries sont organisées perpendiculairement par rapport à l'axe du segment vertical et horizontal de la surface articulaire. On définit les ondulations comme de légères crêtes séparées par des sillons⁴, mais elles s'apparentent le plus souvent à des «rides» sur la surface. Les stries sont une forme très atténuée des ondulations.

SSPI A1 : ondulations ou stries sur une partie ou sur toute la surface (score 1).



⁴ il ne s'agit pas ici du même phénomène biologique que sur les symphyses pubiennes jeunes sur lesquelles crêtes et sillons sont très marqués et par conséquent facilement reconnaissables (Lovejoy *et al.*, 1985b).

SSPI A2 : absence d'ondulations ou de stries organisées perpendiculairement par rapport à l'axe du segment vertical et horizontal (score 2).

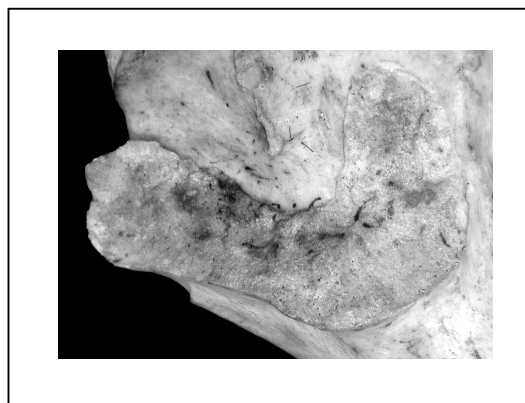
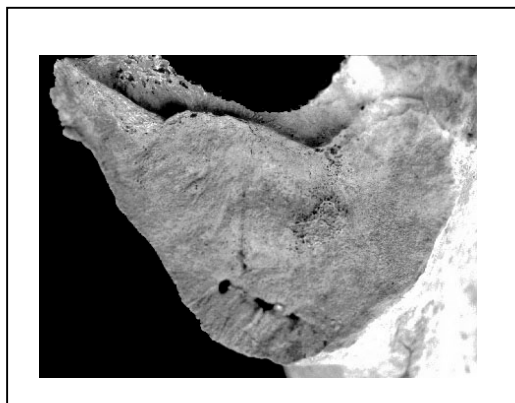


Caractère SSPI B : modification de la surface auriculaire

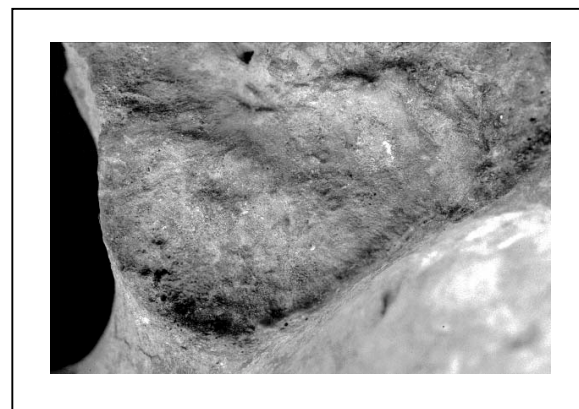
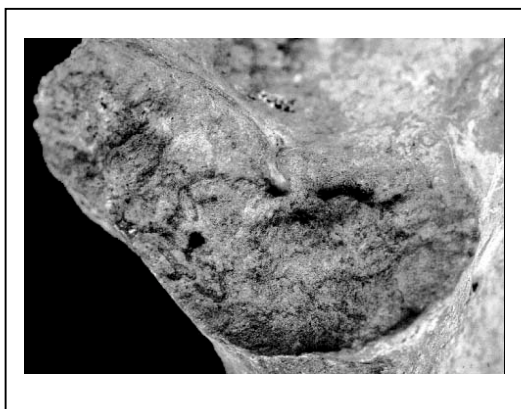
Avec l'âge, la texture de la surface articulaire se modifie et des porosités se forment. La texture de la surface prend deux formes : la granulation, qui s'apparente à l'aspect du papier de verre, et la densification de l'os subchondral, qui lui donne un aspect compact. La porosité est une perforation de la surface. Ces porosités peuvent avoir une taille variable, de 1 à 10 mm.

D'après la description de Lovejoy *et al.* (1985b), chez les individus jeunes, la texture osseuse est compacte ou constituée de fines granulations. Avec l'augmentation de l'âge, cette granulation devient plus grossière et tend à disparaître, pour laisser place à un processus de densification de la surface. Cette densification donne à l'os un aspect compact et lisse. L'identification de ce caractère est sujet à controverse. Certains affirment qu'avec de l'expérience, la texture de la surface peut être facilement identifiée (Bedford *et al.*, 1989), d'autres pensent que la perte de granulation et le passage à la densification est le caractère le plus difficile à reconnaître (Saunders *et al.*, 1992). Dans l'échantillon que nous avons observé à Coimbra (Broqua et Schmitt, 1999), aux âges moyens (40-50 ans), le processus de densification n'est pas systématique, voire rare. En revanche, on observe une granulation grossière avec des porosités superficielles ou profondes sur une partie restreinte de la surface.

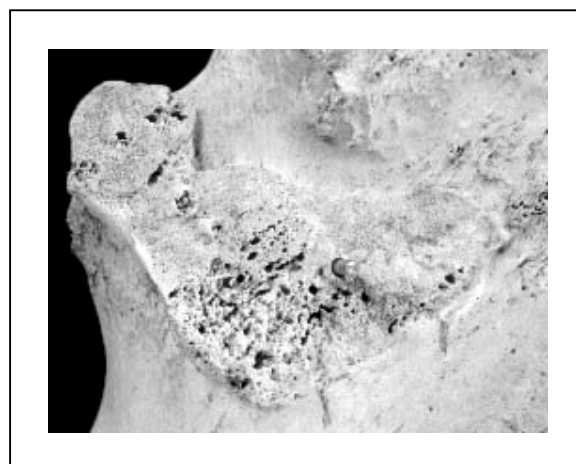
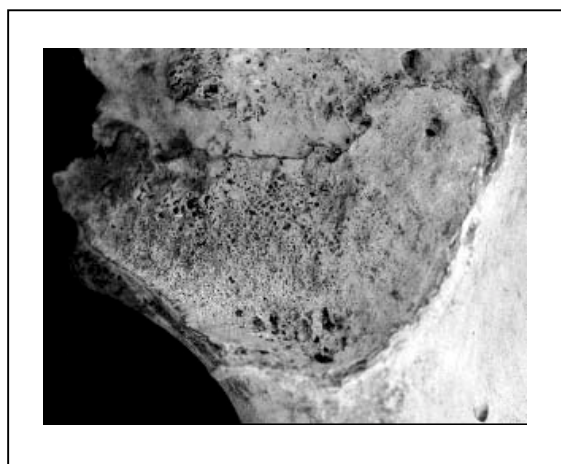
SSPI B1 : absence de granulation, floc de granulations et porosités isolées possibles (score 1).



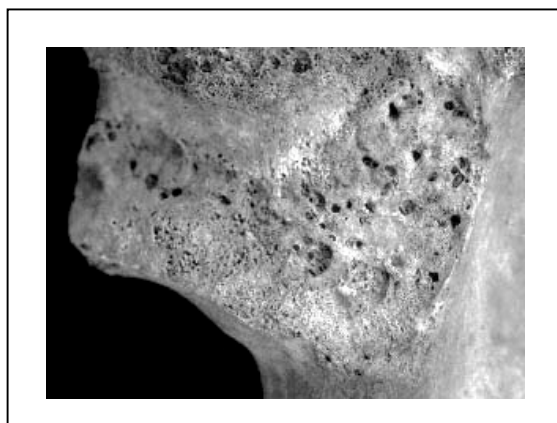
SSPI B2 : surface granulée sur la majorité de la surface, porosités éparses possibles (score 2).



SSPI B3 : combinaison de granulations grossières et de porosités profondes ou partielles, regroupées sur une aire limitée de la surface (score 3).



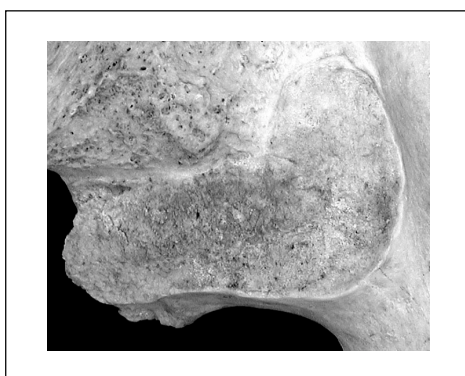
SSPI B4 : granulation grossière et porosités profondes et nombreuses (score 4).



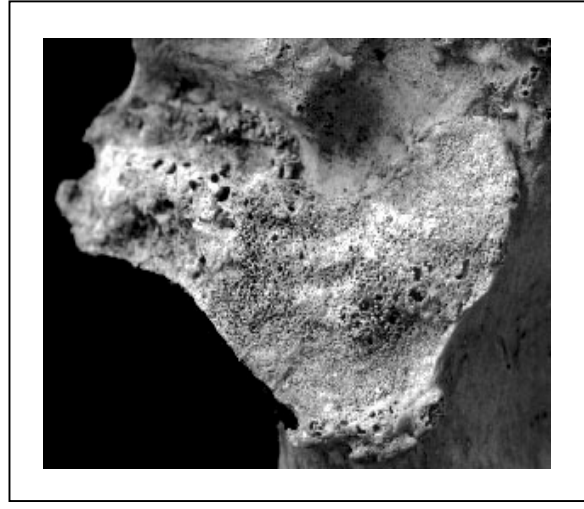
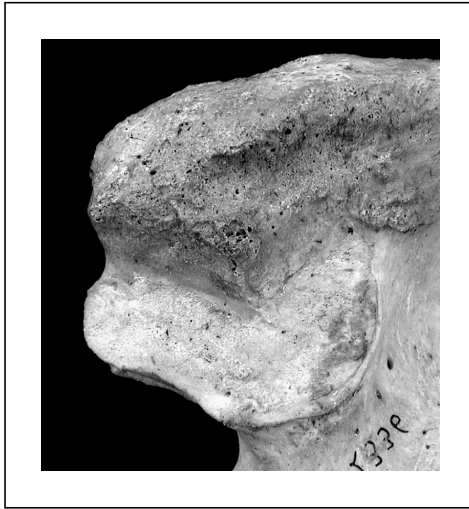
Caractère SSPI C : modification de l'apex

L'apex correspond au bord de la surface articulaire, il se situe à la jonction des deux segments de la surface auriculaire. Les contours de la surface auriculaire correspondent à l'insertion de la capsule articulaire. D'après Lovejoy *et al.* (1985b), les changements morphologiques de l'apex correspondent à une modification de type "arthrosique". Mais, étant donné que la production osseuse se fait au niveau de la capsule, il s'agit plutôt d'enthésopathies.

SSPI C1 : le bord est fin, il peut être au même niveau que la surface articulaire ou légèrement surélevé, il forme un angle (score 1).



SSPI C2 : le bord est émoussé, il s'épaissit. Il peut former une simple lèvre ou une formation osseuse amorphe (score 2).



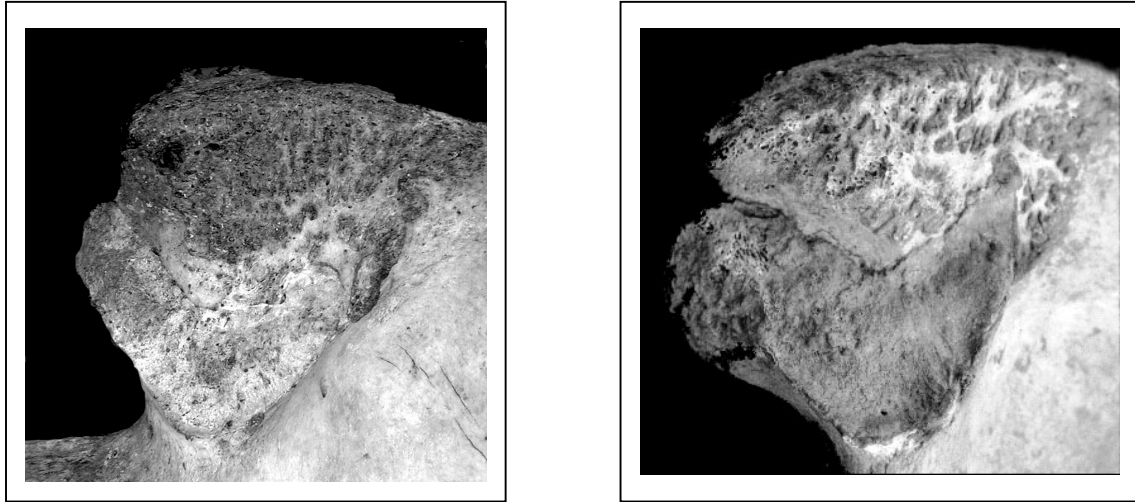
Caractère SSPI D : modification de la tubérosité iliaque

La région postérieure à la surface auriculaire correspond à l'insertion du ligament interosseux sacro-iliaque. La région d'insertion du ligament subit des contraintes mécaniques élevées, ce qui peut expliquer dans une certaine mesure le remaniement de l'os sur la tubérosité iliaque (Paquin *et al.*, 1983). On ne peut cependant, exclure des changements d'ordre métabolique (Lagier, 1991). Les formations osseuses sur la tubérosité iliaque apparaissent vers 50 ans et évoluent avec l'âge.

SSPI D1 : surface lisse, aucun signe de remaniement osseux (score 1).



SSPI D2 : remaniement osseux ou enthèses fines (score 2).



Remarque 1 : les enthèses sur le bord supérieur de l'auricule supérieure de la surface auriculaire peuvent former de véritables ponts osseux qui sont susceptibles de fusionner avec les enthèses qui se développent sur les bords adjacents du sacrum. Ces ponts osseux non fusionnés ne sont pas impliqués dans la modification de la tubérosité iliaque.

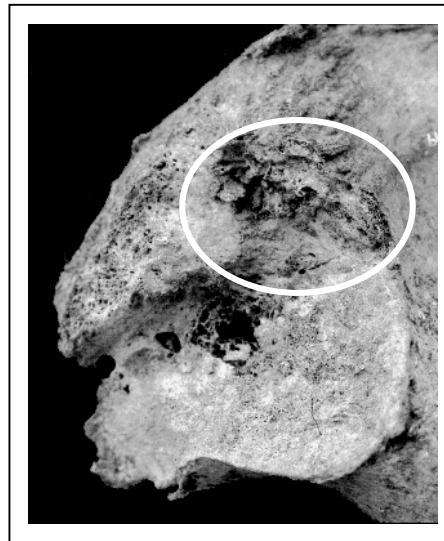


Figure IV. 3 : formation d'un pont osseux sur le bord de l'auricule supérieure

Remarque 2 : la bilatéralité des phénomènes dégénératifs

Un aspect qui n'a pas été abordé par Lovejoy et ses collègues (1985b) est la bilatéralité des phénomènes dégénératifs de la surface sacro-pelvienne iliaque. De nombreuses études ont montré qu'il y a une différence d'atteintes dégénératives entre côtés (Stewart, 1984 ; Vogler et al., 1984 ; Brunner et al., 1991 ; Wybier et al., 1994). Le test effectué par Santos (1996), selon la méthode de cotation de Lovejoy *et al.* (1985b), montre qu'il y a une différence entre côtés et qu'un même individu peut être classé dans deux classes d'âge différentes selon le côté observé.

Les asymétries de l'espace sacro-iliaque sont plus importants chez les femmes multipares ou obèses (Faflia *et al.*, 1998). L'asymétrie est liée en partie au côté dominant (Pitkin et Pheasant, 1935). Dans notre étude, nous coterons, donc, systématiquement les deux côtés.

A3 - NOUVEAU SYSTEME DE COTATION DE L'EXTREMITÉ STERNALE DE LA QUATRIÈME CÔTE (CO⁴)

La reconnaissance de la quatrième côte dans une série complète de côtes est nécessaire et possible (Mann, 1993 ; Hoppa et Saunders, 1998). Le système de sériation proposée par Dudar (1993) est proche de celui que nous avons employé.

a) l'identification de la quatrième côte dans une série complète de côtes

La problématique nécessite l'identification de la quatrième côte.

Les côtes atypiques (1-2-10-11-12) ont des caractères particuliers qui les rendent facilement reconnaissables, elles doivent être mises de côté. Les côtes 3 à 9 sont des côtes « typiques ». La différence réside seulement dans la longueur, la courbe et la torsion. Chacune de ces côtes est formée d'une tête, d'un col, d'un tubercule et d'un corps. La tête présente deux facettes articulaires séparées par une crête. Ces facettes s'articulent avec les surfaces articulaires des corps des vertèbres correspondantes.

L'identification se fait à partir de l'observation de légers changements morphologiques de l'angle de la côte dans le plan vertical et horizontal, et de la torsion du bord externe supérieur dans le plan vertical. Du haut vers le bas, chaque côte successive montre une légère augmentation de l'angle horizontal, une tendance à l'augmentation de l'angle inférieur dans le plan vertical, et un changement dans la torsion du bord supérieur externe. La longueur des côtes typiques augmentent progressivement jusqu'à la septième et elle diminue. Ce dernier critère dépend de la conservation des côtes.

- **Première étape** : classer les côtes par côté.
- **Deuxième étape** : identification de la première et de la deuxième côte.
- **Troisième étape** : identification de la troisième côte. La deuxième côte est comparée à chaque côte non identifiée. La deuxième côte est placée sur la face supérieure, avec la tête et le col alignés verticalement. C'est le point de référence commun des côtes qui s'articulent avec la colonne vertébrale. On observe l'angle dans le plan horizontal et vertical et les différences de torsion du bord externe supérieure entre deux côtes. La côte non identifiée qui ressemble le plus à la seconde est identifiée comme la troisième.
- **Quatrième étape** : comparaison de la troisième côte avec les autres et on répète l'opération.

Pour vérifier l'exactitude de l'ordre présumé, on peut, en commençant avec la 9ème et la 8ème côtes, faire en sorte que les têtes et les tubercules soient alignés dans le plan vertical, pour chaque côte successive, dans la direction crâniale.

Lorsqu'une côte ne s'inscrit pas correctement sur la surface supérieure de l'autre, on peut supposer qu'il manque une côte entre les deux. Dudar (1993) a montré que l'attribution des côtes 1 à 6, et la latéralisation sont correctes dans 100% des cas suivant cette méthode.

b) nouveau système de cotation

L'estimation de l'âge à partir de la quatrième côte donne un résultat médiocre si on attribue une seule phase morphologique de la méthode Iscan-Loth (Baccino *et al.*, 1991, 1999 ; Saunders *et al.*, 1992 ; Dudar *et al.*, 1993 ; Russel *et al.*, 1993). On obtient des estimations concordantes avec l'âge réel, si l'on classe les quatrièmes côtes dans plusieurs phases (Iscan *et al.*, 1992). Cette tentative montre que les changements d'une phase à l'autre ne sont pas simultanés, selon le caractère morphologique considéré (Oettlé et Steyn, 2000). C'est donc

dans le souci de prendre en compte cette variabilité que le traitement séparé des caractères est proposé dans notre étude.

Trois caractères ont été retenus :

- **CO⁴A** : profondeur et aspect de la surface articulaire
- **CO⁴B** : aspect des bords
- **CO⁴C** : épaisseur des sommets

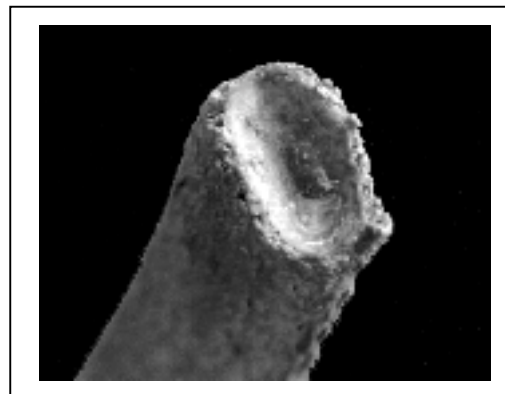
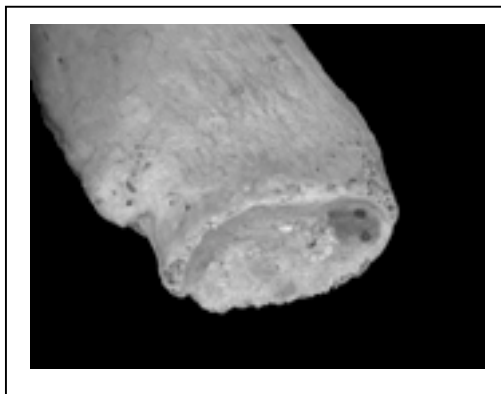
Caractère CO⁴A : profondeur et aspect de la surface articulaire

La profondeur du puits et l'épaisseur de la paroi sont des facteurs liés. L'amincissement des parois influence la forme du puits. Nous les traitons ensemble.

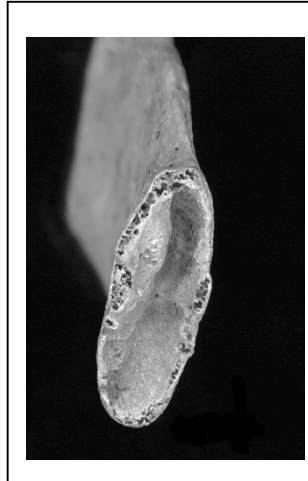
CO⁴ A1 : la surface de l'extrémité sternale de la côte est plane ou vallonée, elle possède un aspect de métaphyse (score 1).



CO⁴ A2 : la surface est légèrement déprimée par rapport aux bords (score 2).

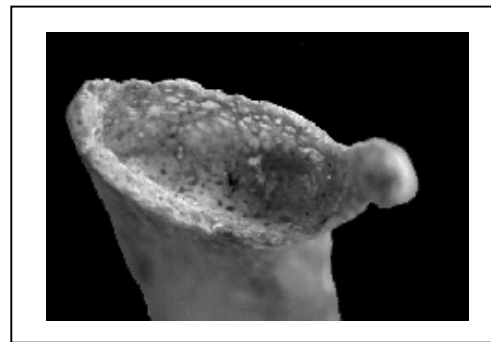
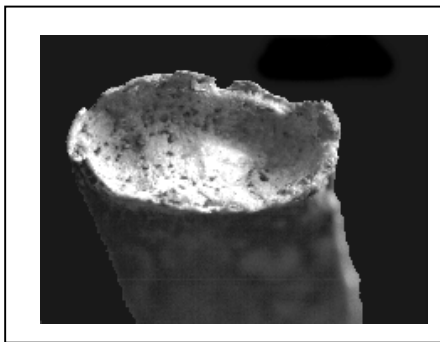


CO⁴ A3 : puits creusé en forme de V avec des parois bien visibles (score 3).



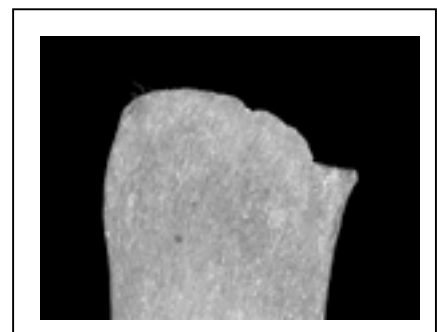
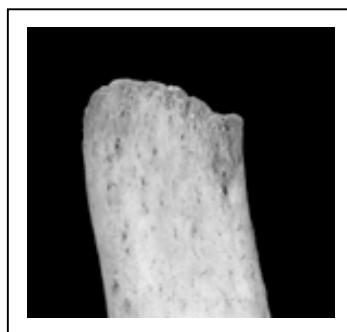
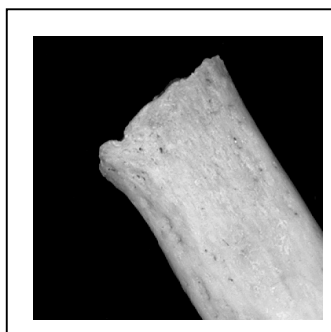
Il est possible qu'une excroissance osseuse oblitère le fond du puits, mais si on peut voir les parois et qu'elles sont épaisses, on attribuera ce stade

CO⁴ A4 : puits en forme de U avec des parois bien visibles (score 4).

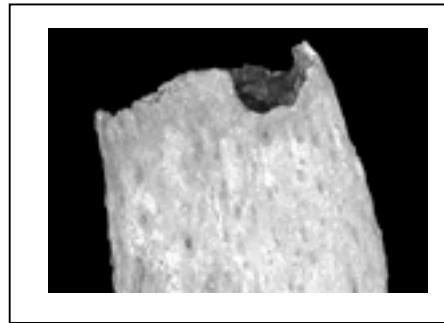
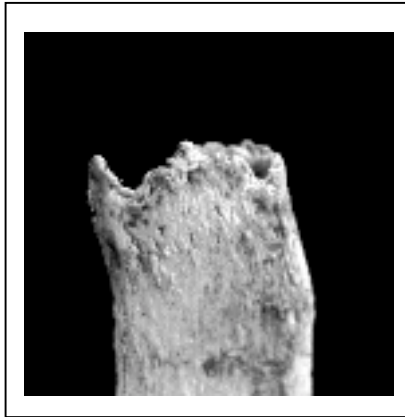


Caractère CO⁴B : aspect des bords

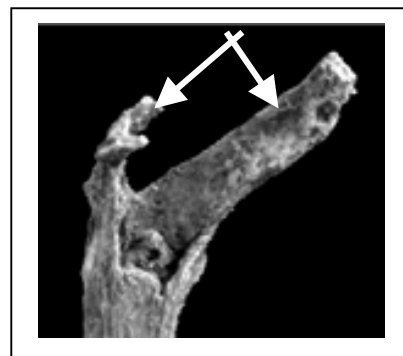
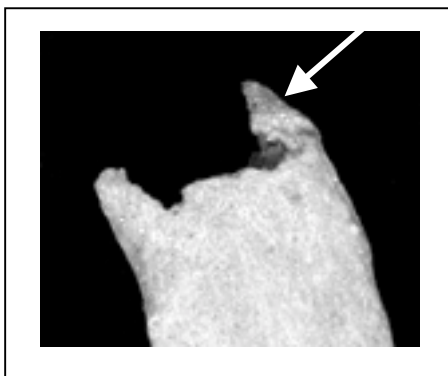
CO⁴ B1 : les bords sont réguliers ; le plus souvent, ils sont crénelés (score 1).



CO⁴ B2 : bords irréguliers (score 2).

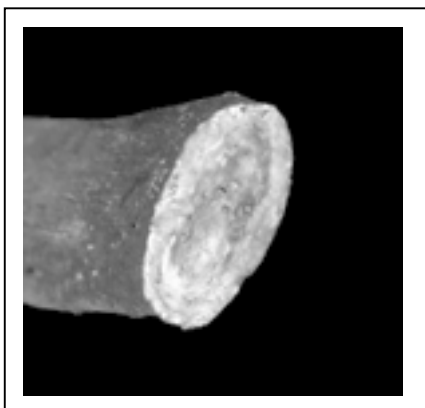


CO⁴ B3 : projection osseuse sur les bords inférieur et supérieur : ces exostoses sont plus ou moins développées. Une exostose suffit pour attribuer le stade 3 (score 3).

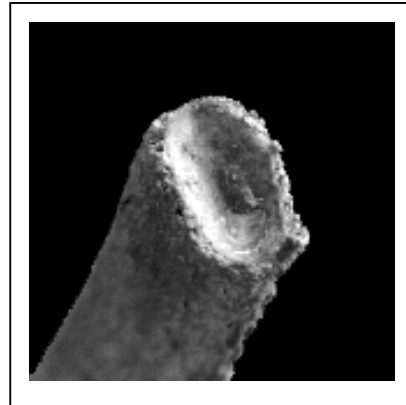
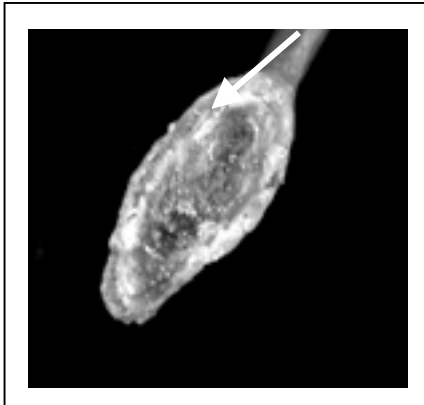


Caractère CO⁴C : épaisseur des sommets

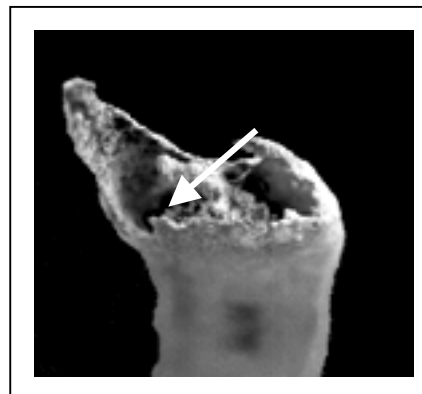
CO⁴ C1 : absence de bord (score 1).



CO⁴ C2 : les sommets ont des bords épais (score 2).



CO⁴ C3 : les sommets ont des bords fins (score 3)



Le logiciel Statistica© a été utilisé pour effectuer les analyses univariées et multivariées.

B1 - LES ANALYSES UNIVARIÉS

a) organisation

Les cotations et les classes d'âge étant des données qualitatives et ordinales, nous les avons organisées en **tableaux de contingence**.

b) étude des différences sexuelles des caractères

Nous avons traité les échantillons séparément. Pour tester les différences sexuelles, nous avons eu recours à des tests non paramétriques. Les caractères cotés selon une échelle ordinale à plus de 2 modalités, ont fait l'objet du test **Mann-Whitney**. Les caractères cotés sur seulement deux modalités, ou sous la forme absent/présent, ont été analysés par le test **p de Fisher**. La finalité de ce test est la même que celle du χ^2 . Il comptabilise toutes les tables possibles pouvant être construites à partir des fréquences données. Le test de Fisher unilatéral, permet de comparer, par exemple, une fréquence observée avec une valeur moyenne. Le test de Fisher bilatéral compare entre elles des fréquences observées.

Pour appliquer ces tests, il faut que la distribution par âge entre le groupe homme et le groupe femme ne soit pas statistiquement différente. Nous avons recouru au test Kolmogorov Smirnov qui analyse la distribution par âge de deux groupes.

c) association entre les scores de chaque caractère et l'âge au décès sous forme de classes d'âge

La relation entre les classes d'âge et les phases morphologiques de chaque indicateur est étudiée avec toutes les populations aux distributions homogènes (échantillons portugais, anglais, français, américains).

Le test approprié pour étudier l'indépendance de deux variables qualitatives est le χ^2 de Pearson. Une des conditions d'utilisation du χ^2 de Pearson est que chaque effectif théorique soit supérieur à 5. Lorsque cette condition n'est pas remplie, une solution possible est de réunir plusieurs catégories. Mais, ce procédé est critiquable : un nombre important d'informations est perdu. La caractéristique aléatoire de l'échantillon peut être affectée et la

façon dont les catégories sont réunies peut avoir un effet important sur les résultats (Everitt, 1992). Nous avons préféré, le cas échéant, partitionner l'analyse en traitant les modalités des caractères deux par deux.

Lorsque le tableau de contingence contient un nombre de colonnes et de lignes supérieur à 2, on ne sait pas si le résultat du test χ^2 concerne la totalité du tableau ou seulement une section spécifique. Pour avoir une vision plus claire, nous avons procédé à des analyses des correspondances multiples.

B2 - ANALYSES MULTIVARIÉES : ANALYSE DES CORRESPONDANCES MULTIPLES

Les analyses par correspondance permettent de montrer graphiquement la relation entre les variables d'un tableau de contingence. C'est une étude descriptive destinée à analyser des tables simples, d'ordre deux ou multiples, contenant certaines mesures de correspondance entre les lignes et les colonnes. Les résultats permettent d'explorer la structure des variables catégorielles de la table. L'inertie se définit comme le χ^2 total de Pearson de la table rapporté à la somme totale. C'est une manière de décomposer la statistique globale du χ^2 en identifiant un nombre restreint de dimensions dans lesquelles les écarts aux valeurs théoriques peuvent être représentés.

L'analyse par correspondance est analogue à l'analyse en composante principale, utilisée pour étudier la relation entre données continues multivariées. L'interprétation des dimensions est, en fait, similaire à l'interprétation des analyses en composante principale. Une dimension correspond à un certain pourcentage d'inertie, c'est à dire à un certain pourcentage de variabilité. Il est plus facile visuellement de travailler sur deux axes, il est donc préférable que ceux-ci recouvrent le plus grand pourcentage possible de la variabilité totale.

L'analyse des correspondances multiples (ACM) est une extension de l'analyse des correspondances simples à plus de deux variables. Le calcul dans l'ACM porte sur le produit interne d'une matrice, appelée table de Burt. Nous donnons à titre d'exemple, la table de Burt calculée à partir du caractère SPUA de la symphyse pubienne et des classes d'âge (tableau IV.1).

Tableau IV.1 : exemple d'une table de Burt

	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	>70	PUA1	PUA2	PUA3	PUAg1	PUAg2	PUAg3	Total
20-29	14	0	0	0	0	0	9	3	2	9	2	3	42
30-39	0	17	0	0	0	0	0	6	11	1	5	11	51
40-49	0	0	19	0	0	0	0	2	17	0	1	18	57
50-59	0	0	0	22	0	0	0	1	21	1	0	21	66
60-69	0	0	0	0	20	0	0	2	18	0	1	19	60
>70	0	0	0	0	0	10	0	2	8	0	2	8	30
PUA1	9	0	0	0	0	0	9	0	0	9	0	0	27
PUA2	3	6	2	1	2	2	0	16	0	0	11	5	48
PUA3	2	11	17	21	18	8	0	0	77	2	0	75	231
PUAg1	9	1	0	1	0	0	9	0	2	11	0	0	33
PUAg2	2	5	1	0	1	2	0	11	0	0	11	0	33
PUAg3	3	11	18	21	19	8	0	5	75	0	0	80	240
Total	42	51	57	66	60	30	27	48	231	33	33	240	918

L'analyse par correspondance multiple permet, en outre, de considérer tous les critères d'un même indicateur en même temps.

Pour la symphyse pubienne et la surface sacro-pelvienne, nous avons utilisé une classe supplémentaire, «>70», de façon à avoir une distribution par âge homogène, étant donné que nous possédons suffisamment d'individus de cette catégorie. Pour l'extrémité sternale de la quatrième côte, l'effectif de cette classe d'âge étant restreint, nous nous sommes tenus à la classe finale «>60». Nous avons aussi groupé le score 1 et 2 du caractère CO⁴A car le score 1 est peu représenté dans nos échantillons.

C - RELATIONS DES INDICATEURS AVEC LE SEXE DE L'AGE

C1 - DIFFERENCE ENTRE SEXE

Pour déterminer si le traitement des données selon le sexe est nécessaire, les caractères de chaque indicateur ont fait l'objet d'une analyse. L'étude a été réalisée sur tous les échantillons, séparément, en vérifiant au préalable si la distribution par âge du groupe masculin et du groupe féminin ne présente pas de différence statistique. Le test Kolmogorov-Smirnov qui analyse la distribution par âge des deux groupes pour chaque échantillon (cf tableau AIV1, annexe 1), montre qu'en dehors de l'échantillon de Madrid, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les distributions par âge selon le sexe. Par conséquent, nous pouvons effectuer les tests pour analyser les différences entre sexes sur tous les échantillons, excepté celui de Madrid.

Rappel : dans la collection française, les surfaces sacro-pelviennes iliaques n'ont pas été prélevées à l'autopsie et pour l'échantillon suisse, les quatrièmes côtes n'étaient pas disponibles.

Les résultats des tests sont présentés dans l'annexe 1 et sont classés par indicateur d'âge :

- la symphyse pubienne (tableaux AIV.2, 3, 4),
- la surface sacro-pelvienne iliaque (tableaux AIV.5, 6, 7, 8),
- l'extrémité sternale de la quatrième côte (tableaux AIV.9, 10, 11).

Pour tous les caractères de la symphyse pubienne et de la surface sacro-pelvienne iliaque, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux sexes, quel que soit le côté considéré. Par contre, les résultats des tableaux pour l'extrémité sternale de la quatrième côte montrent clairement qu'il y a des différences marquées entre sexes. Toutefois, les résultats diffèrent entre le côté droit et gauche. L'effectif restreint des quatrièmes côtes pour chaque collection peut être responsable des disparités entre côté.

Ces résultats montrent que pour la symphyse pubienne et la surface sacro-pelvienne iliaque, nous pouvons considérer que le sexe n'influence pas les changements morphologiques que nous proposons d'observer. Les hommes et les femmes peuvent être réunis dans un même groupe. Toutefois, pour l'extrémité sternale de la quatrième côte, il est nécessaire de séparer les hommes et les femmes en deux échantillons indépendants.

C2 - ETUDE DE LA RELATION AVEC L'AGE

Le traitement des données que nous proposons pour estimer l'âge au décès est un classement des individus des séries de référence, dans des classes d'âge décennales, exception faite de la dernière classe qui englobe tous les individus plus âgés que 60 ans. Ensuite, nous procédons à une classification des sujets d'échantillons tests constitués aléatoirement pour connaître la fiabilité de l'estimation de l'âge.

Nous voulons donc examiner, au préalable, la relation entre les phases morphologiques et les classes d'âge. Nous avons vérifié la relation entre les deux variables sur les échantillons ayant une distribution par âge homogène, c'est à dire les échantillons du Portugal, d'Angleterre, des Etats-Unis et de France. Ils ont été rassemblés pour former une seule population « synchrétique ». Les échantillons de Madrid et de Genève ont été exclus car ils sont constitués en majorité d'individus de plus de 50 ans.

a) résultats des analyses univariées

Les résultats des fréquences théoriques du χ^2 sont présentés dans l'annexe 1 (tableaux AIV.12 à 23). Nous présentons ici, à titre indicatif, un résumé de ces résultats (tableau V.1).

Nous constatons que les caractères morphologiques de la symphyse pubienne et de la surface sacro-pelvienne iliaque sont dépendants des classes d'âge. Pour l'extrémité sternale de la quatrième côte, la dépendance entre ces deux variables s'observe uniquement chez les hommes et pour le caractère CO⁴B (score 1 et score 2) chez la femme. **L'extrémité sternale de la quatrième côte n'est donc pas un indicateur d'âge valable pour les femmes.** L'étude de Molleson et Cox (1993) sur la collection de Spitalfields montre que l'âge détermine 12 % ($r = 0.354$) de l'évolution morphologique de l'extrémité sternale de la quatrième côte chez les femmes et 60 % chez les hommes. Notre étude corrobore ces résultats. L'extrémité sternale de la quatrième côte s'avère donc un indicateur informatif uniquement pour le sexe masculin.

Tableau IV.2 : résultats du test du χ^2 entre indicateurs et classes d'âge

Indicateurs et leurs caractères	côté droit			côté gauche		
	χ^2	dl	"p"<	χ^2	dl	"p"<
Symphyse pubienne						
SPUA (1-2)	21.370	5	0.001	19.478	5	0.002
SPUA (2-3)	121.699	5	1.E-06	113.018	5	1.E-06
SPUB	204.706	10	1.E-06	198.903	10	1.E-06
SPUC	49.926	5	1.E-06	64.222	5	1.E-06
Surface sacro-pelvienne iliaque						
SSPIA	50.784	5	1.E-06	42.036	5	1.E-06
SSPIB	278.684	15	1.E-06	314.377	15	1.E-06
SSPIC	73.197	5	1.E-06	73.244	5	1.E-06
SSPID	37.640	5	1.E-06	44.490	5	1.E-06
extrémité sternale quatrième côte, homme						
CO ⁴ A	91.195	8	1.E-06	86.6975	8	1.E-06
CO ⁴ B	95.0472	8	1.E-06	99.1005	8	1.E-06
CO ⁴ C	55.7728	8	1.E-06	53.7344	8	1.E-06
extrémité sternale quatrième côte, femme						
CO ⁴ A	3.314	8	0.913	5.569	8	0.695
CO ⁴ B (1-2)	21.663	4	2.E-04	12.426	4	0.014
CO ⁴ B (2-3)	2.606	4	0.626	2.407	4	0.661
CO ⁴ C (1-2)	1.891	4	0.756	3.712	4	0.446
CO ⁴ C (2-3)	4.255	4	0.373	7.764	4	0.101

b) résultats des analyses par correspondances multiples

Les caractères de la symphyse pubienne (figure IV.4)

L'organisation des variables montrent qu'il y a une évolution des caractères avec les classes d'âge. Les caractères SPUA (score 2), SPUB (score 2) et SPUC (score1) forment un ensemble avec les classes 30-39 et 40-49. Les modalités supérieures de tous les caractères, (SPUA3, SPUB3 et SPUC2) forment un ensemble avec les classes 40-49, 50-59, 60-69 et >70, ce qui signifie que ces caractères sont à leur stade morphologique ultime (selon notre système de cotation) dès 40 ans. En revanche, nous constatons que les caractères SPUA1 et SPUB1 sont plutôt liés à la classe 20-29. Ces résultats confirment le fait qu'après 40 ans, on observe plus de changements morphologique de la symphyse pubienne

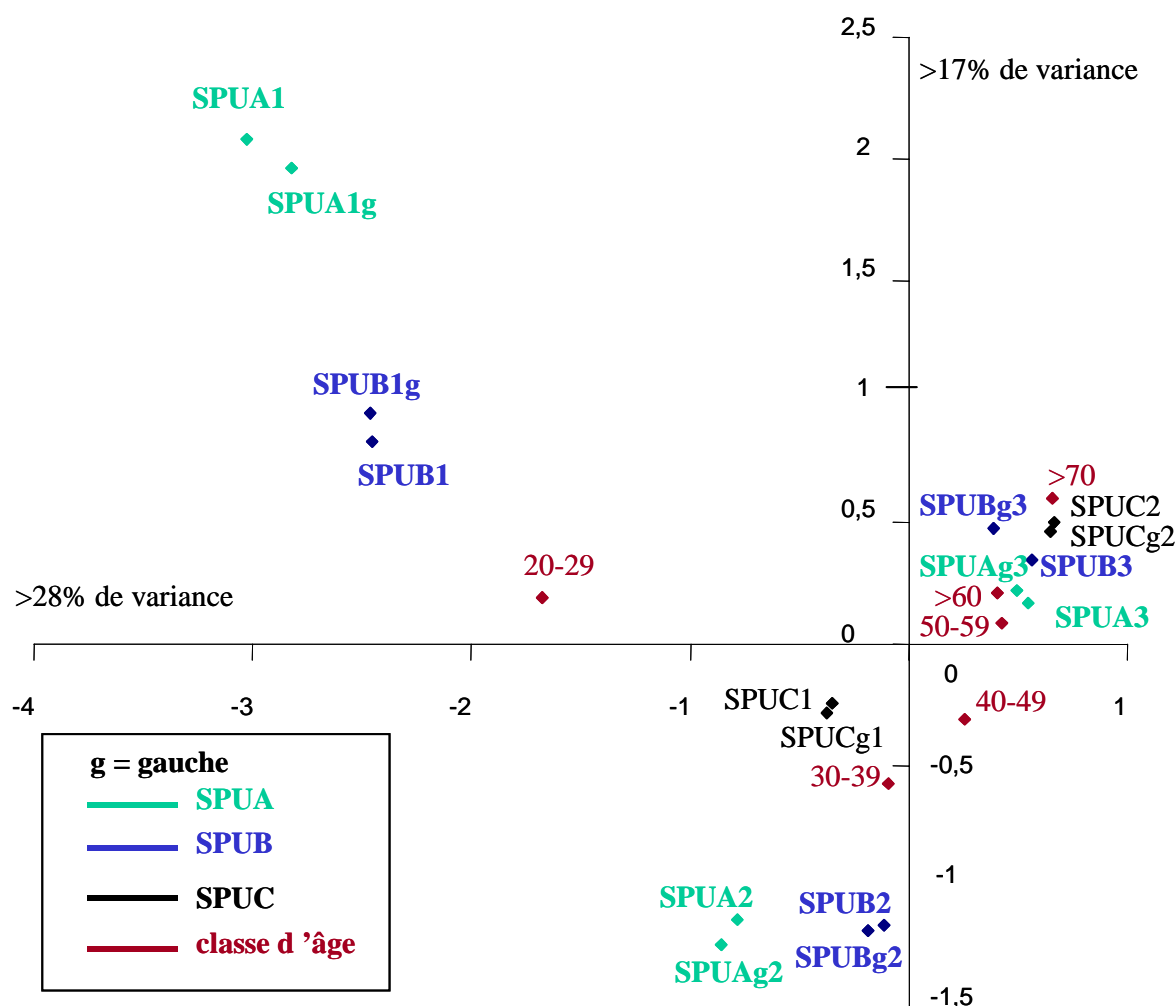


Figure IV.4 : analyse des correspondances multiples des caractères de la symphyse pubienne et des classes d'âge

Les caractères de la surface sacro-pelvienne iliaque (figure IV.5)

Les modalités des caractères évoluent avec les classes d'âge. Les caractères droits et gauches sont très proches, excepté SSPIA (l'organisation transverse). L'élément le plus caractéristique de la classe 20-29 est le caractère SSPIB au score 1. Les caractères SSPIA (score 1), SSPIB (score 2) et SSPIC (score 1) fonctionnent avec la classe 30-39 et 40-49. SSPIA (score 2), SSPIB (score 3) et SSPID (score 2) fonctionnent avec la classe 50-59. SSPIC2 semble typique de la classe 60-69. Un fait surprenant est la position de SSPIB4, ce qui peut être dû au fait que cette modalité est moins fréquente que les autres.

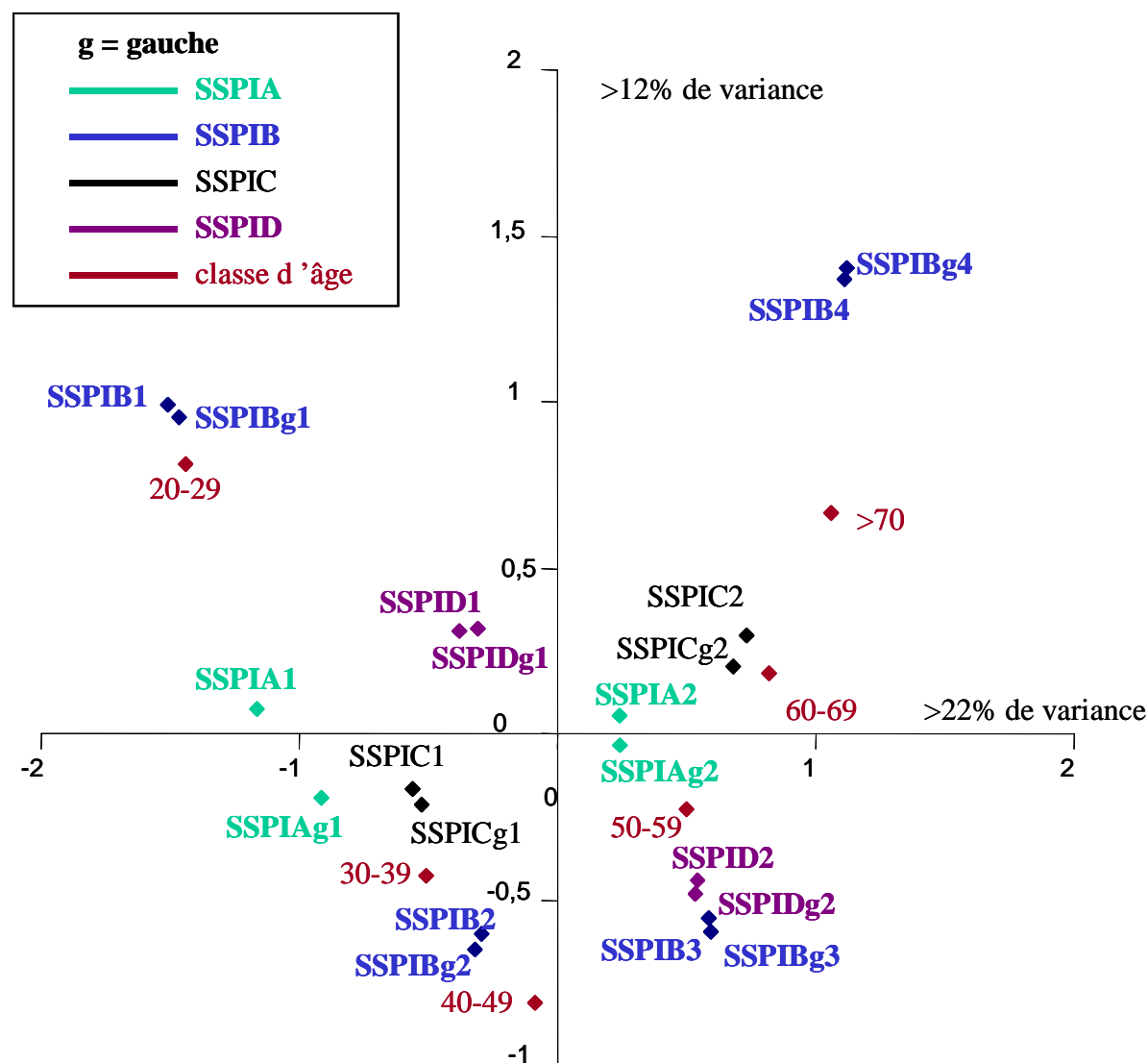


Figure IV.5 : analyse des correspondances multiples des caractères de la surface sacro-pelvienne iliaque et des classes d'âge

Les caractères de l'extrémité sternale de la quatrième côte (figure IV.6 et IV.7).

Nous présentons les résultats dans la figure V.3 pour les hommes et V.4 pour les femmes.

Il se dégage deux faciès importants. Les caractères CO⁴A (score 2), COB (score 1), COB (score 2), CO⁴C (score 2) sont groupés autour des classes 30-39 et 40-49, alors que les caractères CO⁴A, CO⁴B et CO⁴C au score 3, les modalités ultimes, gravitent autour des classes 50-59 et >60. L'organisation est tout à fait différente pour les femmes. L'organisation des classes d'âge ne suit pas l'hyperbole classique des figures IV.2, IV.3 et IV.4 . Le regroupement des données ne présentent pas de concordances biologiques.

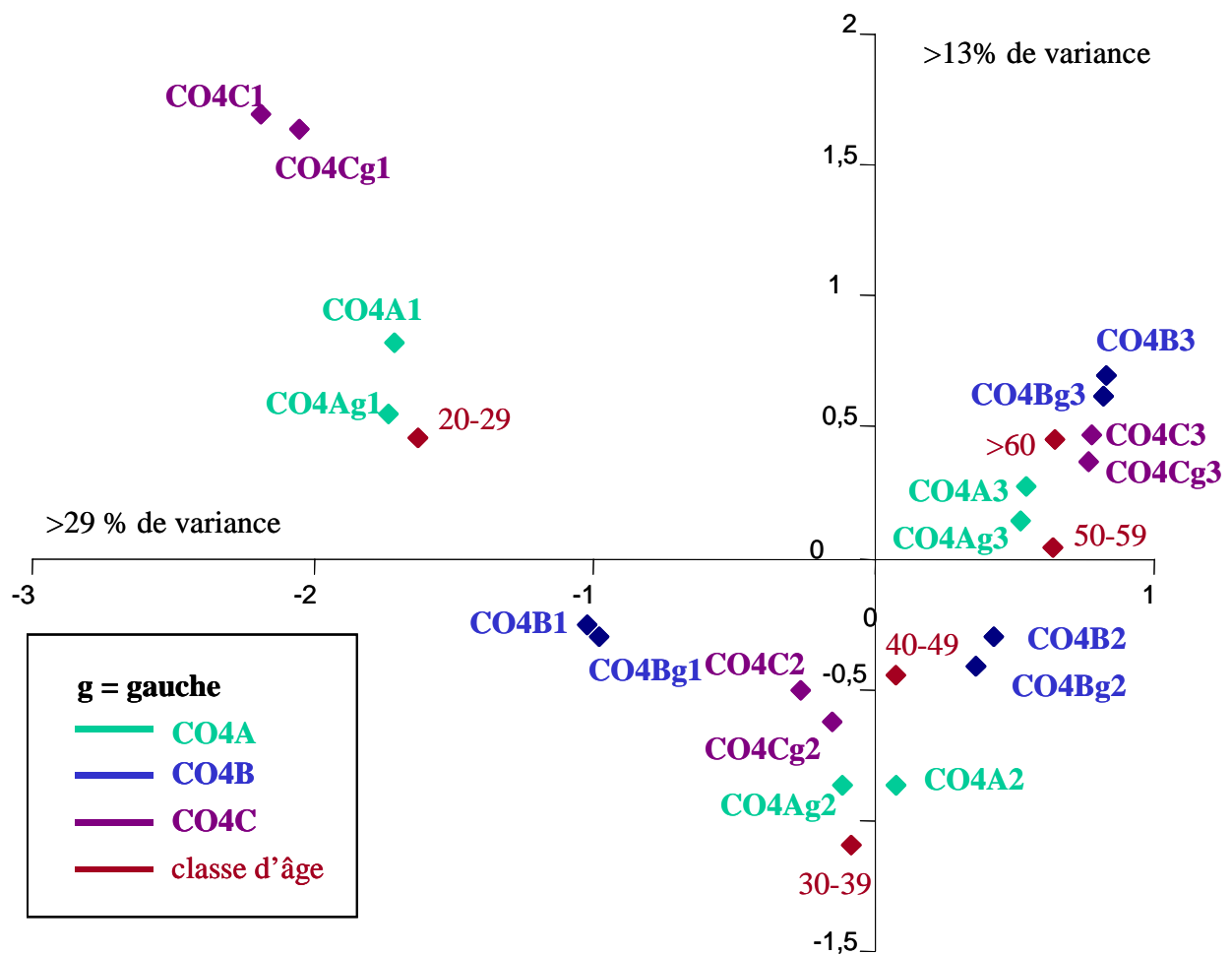


Figure IV.6 : Analyse des correspondances multiples des caractères de l'extrémité sternale de la quatrième côte et des classes d'âge pour les hommes

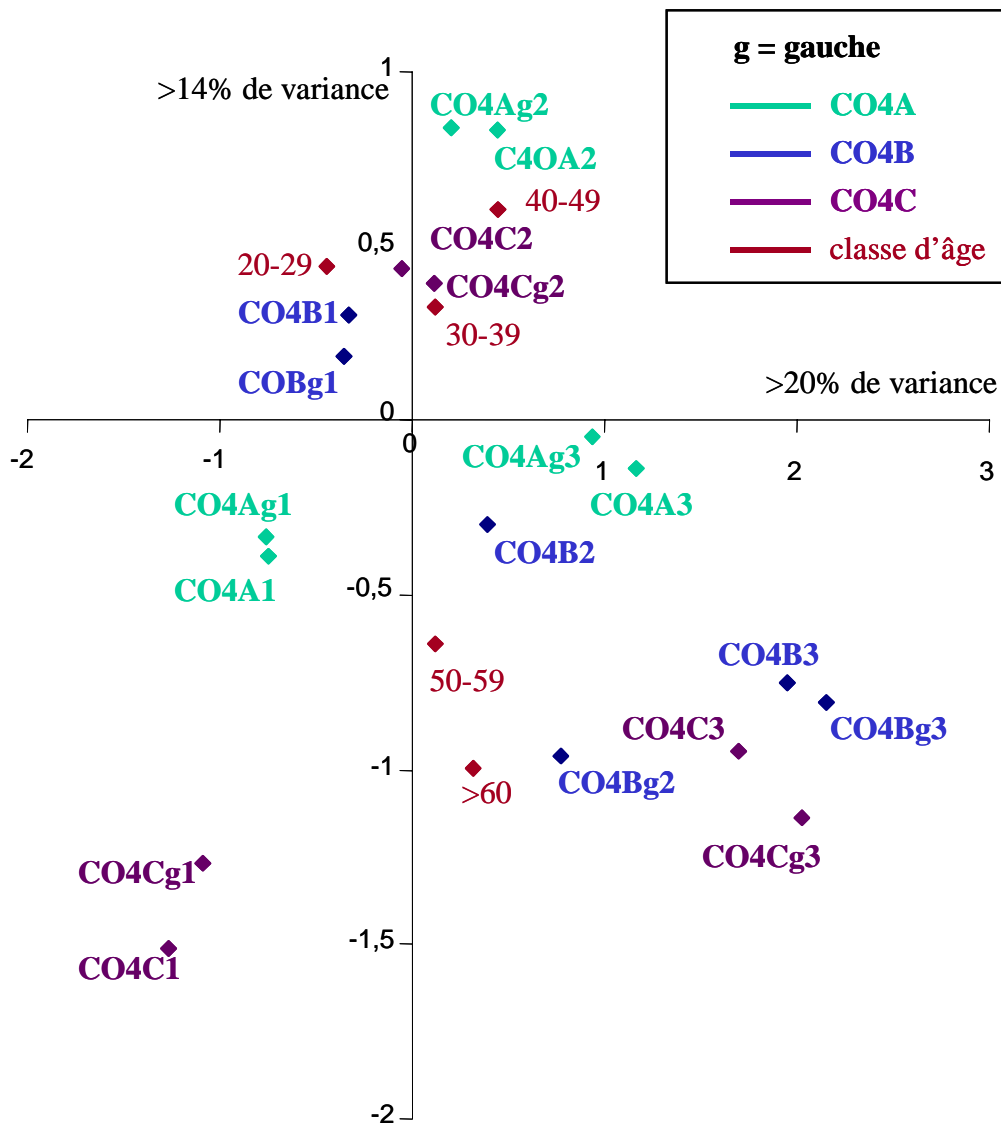


Figure IV.7 : Analyse des correspondances multiples des caractères de l'extrémité sternale de la quatrième côte pour et des classes d'âge pour les femmes

c) conclusion

Les analyses univariées et multivariées démontrent une évolution des caractères avec les classes d'âge pour la symphyse pubienne, la surface sacro-pelvienne iliaque et l'extrémité sternale de la quatrième côte pour les hommes. Cependant, la dépendance entre les deux variables concerne certains regroupements de caractères. Si dépendance il y a, nous nous devons de souligner qu'elle reste assez limitée.

CHAPITRE V

APPROCHE BAYESIENNE ET AGE AU DECES

A - CONCEPT DE L'APPROCHE BAYESIENNE

Le traitement des données est un élément primordial de la prédiction de l'âge au décès. Il faut employer des outils appropriés aux variables et à la problématique posée. Dans notre étude, étant donné la variabilité des indicateurs avec l'âge, nous avons choisi un traitement probabiliste, l'approche bayésienne. Il s'agit d'une approche statistique s'appuyant sur l'application du théorème de probabilité de Bayes, mathématicien du 18ème siècle. Dans le cadre de notre recherche, cette technique permet non seulement de donner des informations sur l'âge au décès, mais aussi de tenir compte de la variabilité du phénomène. Nous consacrons du temps à cette partie car il s'agit d'une analyse peu employée en paléoanthropologie.

L'approche bayésienne a été développée dans diverses disciplines et notamment en médecine clinique par Lusted (Lusted et Ledley, 1960 ; Lusted, 1962, 1968, 1975). Elle est également utilisée dans les diagnostics de laboratoire (Brown, 1981), en épidémiologie (Waring, 1980 ; Etcheverry, 1994), en génétique (Coutanceau, 1985 ; Foreman *et al.*, 1999 ; Morris *et al.*, 2000), et en médecine légale (Acree, 1999).

Avant d'aborder l'application de l'approche bayésienne et les calculs eux-mêmes, nous résumerons les aspects théoriques incontournables.

A1 - L'APPROCHE BAYESIENNE : UN CONCEPT PROBABILISTE

Pour mieux appréhender ce concept, nous allons d'abord brièvement revenir sur les probabilités et leurs propriétés.

a) propriétés des probabilités (Phillips, 1973 ; Berry, 1996)

Nous parlons de la probabilité qu'un événement A soit vrai et sa probabilité est $p(A)$.

U est le plus grand événement possible, $p(U)$ est égal à 1. L'évènement le plus petit est vide, on le nomme \emptyset . Un événement certain se produit avec une probabilité de 1, mais la certitude est relative. \emptyset est un événement impossible, mais il peut y avoir des événements autres que U ou \emptyset qui ont une probabilité de 0 ou 1.

➤ Loi 1 : Les probabilités ne peuvent pas être inférieures à zéro et supérieures à 1, la probabilité d'un événement certain étant égale à 1 : $[0 \leq p(A) \leq 1 ; p(\text{certain})=1]$.

➤ Loi 2 : Si un événement A et un événement B sont exclusifs , alors :

$$p(A \text{ ou } B) = p(A) + p(B)$$

Un corollaire de la loi 2 est important. La probabilité d'un événement est égal à 1 moins la probabilité du complément de l'événement : $p(A)=1-p(\sim A)$, $\sim A$ est le complément de A.

➤ Loi 3 : La probabilité que A et B se produisent ensemble est égal à la probabilité de A multiplié par la probabilité de B, selon A.

$$p(B \text{ et } A) = p(A) \times p(B)$$

Le corollaire de cette troisième loi est la suivante : la probabilité inconditionnelle de B est égal à la probabilité de A multipliée par la probabilité de B selon A, plus la probabilité de $\sim A$ multipliée par la probabilité de B selon $\sim A$: $p(B) = p(A) \times p(B|A) + p(\sim A) \times P(B|\sim A)$.

Pour des événements indépendants : $p(A \text{ et } B) = p(A) \times p(B)$

b) définitions de la probabilité

Selon Berry (1996), il y a deux définitions du terme probabilité :

(1) La première est la probabilité à **fréquences à long terme**, « long term frequencies ». Les fréquences à long terme nécessitent une série d'expériences répétées. La probabilité d'un événement est le nombre de fois qu'il se produit par rapport au nombre total d'observations. Long terme signifie que le nombre total d'observations tend vers l'infini. Mais le calcul de séries infinies est impossible. Une probabilité est donc l'expression d'une proportion pour un nombre élevé mais pas infini d'observations.

(2) La seconde définition des probabilités est le **degré de croyance**, qui est intuitif .

La notion du degré de croyance regroupe deux éléments : le pari et les probabilités. Le pari est noté O et les probabilités P.

La probabilité qu'un événement se produise correspond au nombre de fois que vous supposez que l'événement se produise sur une série de tests. Le pari est défini comme la probabilité que l'événement se produise, divisé par la probabilité que l'événement ne se produise pas. La probabilité est comprise entre 0 et 1. Le pari peut aller de 0 à l'infini.

$$O(A)=1-P(A)/P(A) \text{ ou } P(A)=1/1+O(A)$$

Une probabilité basée sur un degré de croyance est une estimation subjective concernant le fait que l'événement en question va se produire (ou s'est produit).

Le caractère unique qui distingue les statistiques bayésiennes des approches traditionnelles est la définition de la probabilité. La probabilité est le degré de croyance d'une personne sur une hypothèse, un événement ou une quantité incertaine. Cette définition contraste avec celle plus courante et traditionnelle, pour laquelle une probabilité est la limite d'une fréquence relative (Phillips, 1973). **La règle de Bayes indique donc comment les probabilités changent à la lumière de nouvelles évidences.** Cette règle est fondamentale : les probabilités changent quand de nouvelles données sont accessibles.

c) règle généralisée de Bayes

L'approche bayésienne est basée sur 3 concepts (Litton et Buck, 1995 ; Buck *et al.*, 1996) :

- le concept de probabilité *a priori* : il réside dans l'utilisation d'informations préalables (c'est-à-dire antérieures à l'étude des données récoltées) sur les valeurs possibles des inconnues, pour obtenir une distribution *a priori* des paramètres à mesurer dans le modèle décrit. La probabilité *a priori* est une expression mathématique que nous notons $p(\theta)$.
- le concept de vraisemblance : il représente le lien entre les paramètres à mesurer et les données. C'est une fonction mathématique du paramètre reflétant les informations fournies par les données sur ce paramètre. En d'autres termes, la vraisemblance mesure la conformité entre les données et une valeur particulière du paramètre. La fonction est déterminée par la probabilité conditionnelle d'une donnée x sachant que le paramètre a une valeur particulière : $p(x/\theta)$.
- la probabilité *a posteriori* : elle est obtenue par la combinaison des données et des informations *a priori*, soit $p(\theta/x)$.

$$p(\theta/x) = \frac{p(x/\theta) \times p(\theta)}{p(x)}$$

où, $p(x)$ est la somme de $[p(x/\theta) \times p(\theta)]$ pour toutes les valeurs de θ .

d) les fondements du théorème de Bayes (Demengel, 1997).

Soit E_1 , un système complet d'événements et E_2 un événement quelconque. $P(E_i)$ est la probabilité que E_i ait lieu ($\forall i \in \{1 \dots n\}$). En supposant que E_2 se soit produit, $P(E_2)$ est la probabilité que E_2 ait lieu. $P(E_i \text{ et } E_2)$ est la probabilité que E_i et E_2 aient lieu simultanément. $P(E_i | E_2)$ est la probabilité conditionnelle de E_i sachant que E_2 est réalisé.

On peut démontrer que :

$$P(E_i \text{ et } E_2) = P(E_2 | E_i) \times P(E_i) \text{ et } P(E_2 \text{ et } E_i) = P(E_i | E_2) \times P(E_2)$$

$$P(E_i \text{ et } E_2) = P(E_2 \text{ et } E_i)$$

On en déduit donc : $P(E_2 | E_i) \times P(E_i) = P(E_i | E_2) \times P(E_2)$

$$\text{De plus : } P(E_2) = \sum_{j=1}^n P(E_j) \times P(E_2 | E_j)$$

D'après le théorème de Bayes : $P(E_i | E_2) = \frac{P(E_2 | E_i) \times P(E_i)}{P(E_2)}$ sachant que $P(E_2) > 0$.

$P(E_i)$ représente la probabilité *a priori* de E_i basée sur les données d'origine.

$P(E_i | E_2)$ représente la probabilité *a posteriori* de E_i sachant que E_2 s'est produit.

$P(E_2 | E_i)$ est alors la vraisemblance de l'événement E_i sachant que E_2 a eu lieu. On note la vraisemblance $l(E_i ; E_2)$.

On constate que la probabilité *a posteriori* est proportionnelle à la vraisemblance, multipliée par la probabilité *a priori*. Si on remplace E_i par θ et E_2 par x on obtient :

$$P(\theta / x) = \frac{P(x / \theta) \times P(\theta)}{P(x)}$$

$P(x / \theta) / P(x)$ est la vraisemblance standardisée.

La probabilité *a posteriori* = vraisemblance standardisée \times probabilité *a priori*.

e) étape des inférences statistiques (Berry, 1996)

- Spécifier une série de modèle
- Assigner une probabilité (*a priori*) à chaque modèle
- Collecter les données
- Calculer la vraisemblance de chaque modèle : $P(\text{données} \mid \text{modèle})$
- Utiliser la règle de Bayes pour calculer les probabilités *a posteriori* du modèle
- Procéder aux calculs, trouver les probabilités des modèles et prédire la prochaine observation

Si une théorie prédit la certitude d'observer une donnée et que la donnée est observée lors d'une expérience, la seule déduction que nous pouvons faire, est que l'expérience va dans le sens de la théorie. Mais nous ne pouvons rien dire sur le degré de cette relation jusqu'à ce que des théories alternatives aient été considérées. Quand on applique le théorème de Bayes, nous ne cherchons pas à trouver l'hypothèse la plus vraie, le théorème nous dit quelle hypothèse est la plus plausible (Phillips, 1973).

A2 - DIFFERENCE ENTRE LES METHODES STATISTIQUES TRADITIONNELLES ET L'APPROCHE BAYESIENNE***a) les statistiques déductives***

Les recherches dans le domaine des statistiques sont basées sur les probabilités déductives. Dans l'inférence déductive, on pose une hypothèse à partir de laquelle on prévoit ce que nous devrions observer si l'hypothèse est vraie. La déduction est objective dans le sens que les prédictions sur ce que nous voyons sont toujours vraies si les hypothèses sont vraies. Mais dans ce cas de figure, on ne peut pas étendre nos connaissances au delà de ce qu'il y a dans l'hypothèse (Goodman, 1999a). Les probabilités déductives sont calculées par des formules mathématiques qui décrivent la fréquence de tous les résultats possibles si l'expérience est répétée plusieurs fois (Howson et Urbach, 1993). Ces méthodes incluent un index pour mesurer la force de la démonstration : la valeur p , un index informel à utiliser comme une mesure de la différence entre les données et l'hypothèse nulle (Fisher, 1958). Or, cette valeur p a été mal interprétée (Browner et Newman, 1987 ; Freeman, 1993). La plupart des chercheurs pensent qu'une valeur p de 0.05 signifie que l'hypothèse nulle a une probabilité de seulement 5 %, alors qu'il s'agit d'une probabilité de se tromper en rejetant l'hypothèse nulle. Comme alternative à la valeur p , Neyman et Pearson (1933) ont proposé une méthode pour choisir entre les hypothèses appelées, test d'hypothèse. On pose une hypothèse (un effet nul)

et l'opposé de l'hypothèse (un effet non nul). Le résultat du test est un comportement, et non une inférence : on rejette l'effet d'une hypothèse et pas l'autre seulement sur la base des données. En quelque sorte, on cherche le risque de deux types d'erreur, l'erreur de type I (faux-positif) et l'erreur de type II (faux négatif). Ce système n'inclut pas de mesure du phénomène, aucun chiffre ne reflétant les données de l'hypothèse sous-jacente. On confond souvent la valeur de l'alpha (taux d'erreur du faux positif) et la valeur p. La similarité superficielle des deux éléments a conduit à dire, que la valeur p est un taux d'erreur spécial de faux positif. Les deux méthodes, celle de la valeur p et celle des tests d'hypothèses sont considérées comme une seule déduction statistique, ce qui n'est pas le cas (Goodman, 1993).

Dans les études médicales, la méthode de la valeur p a beaucoup de succès. On trouve très utile d'avoir une méthodologie quantitative qui génère une conclusion indépendante de la personne menant l'expérience (Matthews, 1995 ; Marks, 1997). La méthode étant considérée comme objective, les conclusions sont considérées comme fiables (Goodman, 1999a). En fait, les méthodes statistiques traditionnelles s'avèrent très utiles si ce sont les statisticiens qui interprètent la valeur p (Wulff *et al.*, 1987), ce qui n'est pas toujours le cas. Les conclusions scientifiques tirées des résultats statistiques ne tiennent pas toujours compte des hypothèses sous-jacentes et sont donc erronées. Il est à présent nécessaire que la statistique soit comprise parfaitement par des non-statisticiens si l'on veut que leur utilisation soit appropriée (Concato *et al.*, 1993).

b) le facteur bayésien

L'alternative aux méthodes statistiques courantes est le facteur bayésien (Goodman, 1999b). Cependant, cette alternative n'est pas considérée comme scientifiquement valable (Jonson, 1991 ; Fisher, 1996) parce qu'elle est mal comprise.

Le théorème de Bayes a deux composantes : une qui résume les données, et une qui représente la croyance. Dans le théorème de Bayes, le facteur bayésien est un index au travers duquel les données donnent des informations et cet index est séparé de la partie purement subjective de l'équation.

Le facteur bayésien correspond à la probabilité des données, selon l'hypothèse nulle par rapport à la probabilité des données, selon l'hypothèse alternative.

Le facteur bayésien diffère donc de la valeur p. Ce n'est pas une probabilité en soi, mais un taux de probabilité, il peut varier de 0 à l'infini. Il dépend de la probabilité des données

observées seules, sans inclure des expériences à long terme qui font partie du calcul de la valeur p. Par conséquent, les facteurs qui ne sont pas liés aux données qui affectent la valeur p, n'affectent pas le facteur bayésien (Berry, 1985 ; Berger et Berry, 1988).

Prenons un exemple tiré d'une recherche génétique (Shoemaker *et al.*, 1999) : si les *loci* sont séparés par tant de centimorgans, à quel point sont improbables les résultats observés ? Cette formulation correspond aux méthodes statistiques traditionnelles. L'approche bayésienne répond à la question suivante : étant donné les résultats observés, quelle est la probabilité que deux loci (génétiques) soient séparés par plus de tant de centimorgans ? La réponse à la deuxième question répond mieux à ce que l'expérimentateur veut savoir.

Dans les statistiques classique et bayésienne, l'objectif est de déduire l'inférence de la valeur d'un paramètre fixe mais inconnu. **La différence entre les deux approches réside dans la façon d'approcher ce but et l'interprétation des résultats.**

Le théorème de Bayes est une formule qui montre combien les croyances, exprimées sous forme de distribution de probabilités sont modifiées par de nouvelles informations. « Dans les statistiques classiques, l'interprétation de la valeur du p et l'intervalle de confiance dépend plutôt de formules alambiquées concernant les nombreuses propriétés de la procédure statistique sous les hypothèses nulles » (Spiegelhalter *et al.*, 1999).

L'approche bayésienne est en opposition avec la démarche classique car cette dernière ne tient pas compte des probabilités *a priori*. Aucune hypothèse alternative n'est considérée.

c) quel outil employer pour la prédiction ?

Dans les problèmes de prédiction en anthropologie, il y a deux approches communément utilisées : la vraisemblance maximale et l'approche bayésienne. L'utilisation de l'approche bayésienne en paléanthropologie *sensu stricto* est mise en doute (Konisberg et Frankenberg, 1992 ; Konisberg *et al.*, 1998). Elle semble plus appropriée dans le domaine de la Médecine légale dont les cas à étudier viennent de la même population que l'échantillon de référence (Acree, 1999). Il est vrai qu'en paléanthropologie, nous ignorons si les individus dont nous devons estimer l'âge viennent d'une population dont la distribution est la même que notre échantillon de référence.

Cependant, il y a une alternative à l'approche bayésienne pour les estimations individuelles : la vraisemblance maximale (Isan et Boldsen, 1995 ; Konisberg *et al.*, 1998 ; Usher *et al.*,

2000). La vraisemblance d'un modèle est la probabilité que les observations ou les données calculées adoptent le modèle. Pour tout modèle particulier, plusieurs échantillons différents de données peuvent être obtenus, mais certains ensembles sont plus probables que d'autres. Il est possible de calculer la vraisemblance qui répond à la question : si le modèle est vrai, quel est la chance d'obtenir l'ensemble des données que nous avons collectées ? Si l'on essaie des modèles avec toutes les combinaisons possibles de pente et d'intercept, il est possible de trouver la ligne de régression qui a la vraisemblance maximale de produire l'ensemble des données observées. Cette méthode permet de trouver les valeurs des variables qui ont le plus de chance d'être avérées.

Mais en ce qui concerne l'estimation de l'âge, la question à laquelle nous voulons répondre est la suivante : étant donné la variabilité de l'évolution des indicateurs d'âge, quelle est la chance de classer un individu dans une classe par rapport à une autre et compte tenu d'une distribution par âge bien précise ? L'approche bayésienne est donc plus appropriée, car nous ne voulons pas seulement une prédiction, nous voulons aussi une mesure de l'incertitude. Avec la vraisemblance maximale, nous pourrions accepter un modèle car il correspond aux données collectées, mais nous ne pourrions pas savoir s'il est vrai.

A3 - LES INFORMATIONS *A PRIORI* OU LE DISCREDIT BAYESIEN

L'intérêt de l'approche bayésienne est l'utilisation de données *a priori*.

a) un paramètre contesté : les données a priori

L'utilisation des données *a priori* est discutable (Coutanceau, 1985). Le choix de la distribution *a priori* étant considéré comme trop subjectif. En effet, on reproche souvent au facteur bayésien de pouvoir donner des résultats différents selon les mêmes données, à cause des données *a priori*. Le problème fondamental est l'interprétation et la compréhension des données. Par exemple, l'approche bayésienne permet de répondre à la question « Quelle est la preuve que tel traitement est dangereux ? » au lieu de « Quelle est la preuve que tel traitement n'a pas d'effet ? ». Ces deux questions amènent deux réponses différentes. La question sur le danger inclut les différences de traitements qui ne sont pas bénéfiques. Cela change l'hypothèse nulle (une différence de 0) en une hypothèse composite (Goodman, 1999b).

De toute façon, toutes les méthodes statistiques utilisant des probabilités sont subjectives dans le sens qu'elles dépendent d'idéalisations mathématiques du monde. La méthode bayésienne est dite souvent subjective à cause de l'importance des données *a priori*, mais dans la plupart

des problèmes, le jugement scientifique est nécessaire pour spécifier la vraisemblance et l'*a priori* du modèle.

b) source de l'information a priori

Une source d'informations *a priori* peut être l'opinion subjective d'experts informés. De telles opinions se basent sur des expériences extensives (Spiegelhalter *et al.*, 1999). Cette opinion subjective d'experts peut être explicitée de façon interactive en utilisant des programmes informatiques ou des informations obtenues par questionnaires.

On peut aussi obtenir des distributions *a priori* en utilisant des données observées par le passé, en se fondant sur la connaissance des experts ou en combinant les deux (Joseph *et al.*, 1995).

B - APPLICATION A L'AGE INDIVIDUEL

B1 - PROPOSITION DE LUCY ET AL. (1996)

Lucy et ses collègues (1996) se sont inspirés des recherches de Konisberg et Frankenberg (1992), mais contrairement à ces derniers, ils ont proposé une application pour obtenir un âge individuel. Dans leur modèle, la probabilité *a priori* est la probabilité pour un individu d'appartenir à une classe d'âge donnée (l'individu est assimilable à l'échantillon de référence). La probabilité *a priori* est dans le cas présent, la composition de l'échantillon de référence.

On note cette probabilité *a priori* $P(A_i)$: probabilité pour un individu d'appartenir à une classe d'âge i .

On prend en compte la vraisemblance d'être dans une classe d'âge i étant donné l'information observée I . On note la vraisemblance $P(I|A_i)$.

La probabilité *a posteriori* est la probabilité conditionnelle pour un individu d'être dans une classe d'âge i étant donné l'observation I et l'information *a priori* sur l'échantillon de référence. On note cette probabilité *a posteriori* $P(A_i|I)$.

$i \in \{1 \dots m\}$ et j correspond à une valeur de i .

$$P(A_i|I) = \frac{P(A_i) \times P(I|A_i)}{\sum_{j=1}^m P(A_j) \times P(I|A_j)}$$

En pratique, plusieurs informations peuvent être enregistrées. On applique alors cette formule à un nombre n d'observations $I = \{I_1, I_2, I_3, \dots, I_n\}$. Ces différentes mesures doivent être indépendantes. La probabilité *a posteriori* s'écrit alors :

$$P(A_i | \{I_1, I_2, I_3, \dots, I_n\}) = \frac{P(A_i) \times P(I_1 | A_i) \times P(I_2 | A_i) \dots P(I_n | A_i)}{\sum P(A_j) \times P(I_1 | A_j) \times P(I_2 | A_j) \dots P(I_n | A_j)}$$

Les probabilités sont estimées à partir des données observées et pour faciliter les calculs, on introduit la valeur $\sigma(i)$ qui est le numérateur de l'équation précédente. De la même façon $\sum \sigma(j)$ est le dénominateur de l'équation précédente. On obtient alors :

$$P(A_i | \{I_1, I_2, I_3, \dots, I_n\}) = \frac{\sigma(i)}{\sum \sigma(j)}$$

Chacune des probabilités exprimées dans le numérateur sera calculée par rapport à l'échantillon de référence comportant N individus, on a donc la vraisemblance :

$$P(\{I_1 \dots I_n\} | A_i) = \frac{n(I_1, A_i)}{n(A_i)} \times \frac{n(I_n, A_i)}{n(A_i)}$$

et la probabilité *a priori* : $P(A_i) = \frac{n(A_i)}{N}$

$n(I_1, A_i)$ est le nombre de fois que l'on observe dans l'échantillon l'information I_1 pour un individu se situant dans la classe d'âge A_i . $n(A_i)$ est la quantité totale d'individus situés dans la classe d'âge i .

Sachant que l'effectif total est N individus, le numérateur s'écrit alors :

$$\sigma(i) = \frac{[n(I_1, A_i)]}{n(A_i)} \times \frac{[n(I_n, A_i)]}{n(A_i)} \times \frac{[n(A_i)]}{N}$$

$\sigma(i) / \sum \sigma(j)$ nous fournit une distribution des probabilités *a posteriori* de l'âge d'un individu basé sur l'échantillon de référence après avoir pris en compte toutes les observations.

On obtient la probabilité *a posteriori* qu'un individu appartienne à telle ou telle classe d'âge.

Dans l'étude de Lucy *et al.* (1996), le calcul des probabilités est seulement une étape de calcul pour estimer un âge précis, qui correspond à l'âge médian de la distribution des probabilités *a posteriori*, avec un intervalle de confiance à 95 %. Nous pensons que le calcul d'un âge médian précis est une simplification de l'information. Les intervalles à 95% obtenus dans leur étude sont larges. La transformation des probabilités en âge médian n'apporte pas d'informations supplémentaires, si ce n'est un âge précis avec lequel s'associe un manque de

fiabilité. Comme nous l'avons vu dans le chapitre I, la recherche d'un âge précis est un leurre. Nous choisissons donc de garder, comme résultat final, la distribution des probabilités *a posteriori*. Son analyse permet de tenir compte de la variabilité des données.

B2 - STRATEGIE D'ANALYSE

Par souci de clarté, nous proposons, dans cette partie, de montrer les étapes de calcul pour obtenir une estimation de l'âge au décès par l'approche bayésienne.

a) Etape 1

La première étape est de définir les probabilités *a priori* que nous allons employer. Comme nous l'avons justifié dans le chapitre II, au regard de notre problématique, nous avons choisi : d'une part une distribution de la population de référence avec une espérance de vie à la naissance de 30 ans ($e^0 = 30$) et, une distribution uniforme par souci de comparaison.

b) Etape 2

Nous séparons la population « synchrétique » en deux parties, un **échantillon de référence** et un **échantillon test** complètement **indépendant**. Les individus ont été sélectionnés de façon aléatoire. Etant donné que les observations entre les côtés droit et gauche de chaque site anatomique étudié ne sont pas toujours au même stade morphologique, nous avons, pour englober le maximum de variabilité, conserver les deux côtés d'un même individu, lorsque ceux-ci ne sont pas identiques. Lorsque les deux côtés sont au même stade, nous ne considérons qu'un seul côté.

Les échantillons tests seront constitués selon une espérance de vie à la naissance de 30 ans de façon à vraiment pouvoir comparer l'effet de la distribution par âge de l'échantillon de référence sur un échantillon test dont le schéma de mortalité est naturelle.

c) Etape 3

Une fois la distribution par classe d'âge de l'échantillon de référence défini, nous calculons la fréquence de chaque caractère morphologique par classe d'âge pour cet échantillon. Nous obtenons ainsi un tableau de contingence (tableau V.1).

Tableau V.1 : tableau de contingence par classe d'âge et par caractère d'un indicateur

Classe d'âge	Caractère 1				
	Stade 1	Stade 2	Total		
20-29	28	34	62		
30-39	15	45	60		
40-49	11	49	60		
50-59	12	58	70		
>60	14	199	213		
	Caractère 2				
	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Total
20-29	37	22	3	0	62
30-39	9	46	3	2	60
40-49	4	34	20	2	60
50-59	3	34	20	13	70
>60	0	34	100	79	213
	Caractère 3				
	Stade 1	Stade 2	Total		
20-29	50	12	62		
30-39	48	12	60		
40-49	37	23	60		
50-59	29	41	70		
>60	73	140	213		
	Caractère 4				
	Stade 1	Stade 2	Total		
20-29	59	3	62		
30-39	45	15	60		
40-49	37	23	60		
50-59	33	37	70		
>60	78	135	213		

d) Etape 4

Nous pouvons désormais calculer les probabilités *a posteriori* pour chaque individu de l'échantillon test, d'appartenir à chaque classe d'âge. Par exemple, prenons l'individu x . Les scores pour chaque caractère pour ce spécimen sont :

- caractère 1 : score 2
- caractère 2 : score 3
- caractère 3 : score 2
- caractère 4 : score 2

1. dans un premier temps, nous relevons les valeurs du tableau croisé. Par exemple, la valeur 2 pour le caractère 1 a été obtenue pour 34 individus dans la classe 20-29. Cette valeur est alors divisée par 62, le nombre d'individus dans cette classe d'âge. On fait de même pour les 3 autres caractères dans cette classe d'âge et on multiplie ces valeurs entre elles :

$$\text{Vraisemblance (V)} = \frac{34}{62} \times \frac{3}{62} \times \frac{12}{62} \times \frac{3}{62}$$

2. Pour accéder à la probabilité *a posteriori*, il faut d'abord passer par une étape préalable : multiplier la vraisemblance par la probabilité *a priori* pour chaque classe d'âge. Par exemple, dans la classe d'âge 20-29, il y a 62 individus sur un total de 465. On calcule alors :

$$p(20-29) = V \times \frac{62}{465}$$

$$p(20-29) = \frac{34}{62} \times \frac{3}{62} \times \frac{12}{62} \times \frac{3}{62} \times \frac{62}{465}$$

3. On effectue ces calculs pour chaque classe d'âge [p(i)] et on calcule la somme des résultats obtenus [$\sum p(i)$]. La valeur obtenue pour chaque classe d'âge est alors divisée par $\sum p(i)$ pour donner les probabilités *a posteriori* pour l'individu d'appartenir à chaque classe d'âge.

Classe d'âge	20-29	30-39	40-49	50-59	≥ 60	$\sum p(i)$
p(i)	0.02	0.11	0.24	5.13	38.90	46.60
distribution des p.p.	0.00	0.00	0.05	0.11	0.84	

4. Interprétation

On obtient ainsi une distribution des probabilités *a posteriori*. Dans notre exemple, l'individu *x* n'appartient ni à la classe 20-29, ni à la classe 30-39. Il a 5% de chance d'appartenir à la classe 40-49, 1% à la classe 50-59, 84% à la classe 60 ou plus.

e) Etape 5

Analyse de la distribution des probabilités

➤ **Distribution bi-modale**

L'avantage de la distribution des probabilités *a posteriori* est que l'on peut repérer les distributions bi-modales (figure IV.5), c'est à dire, les individus qui ont autant de chance d'être dans deux classes d'âge non adjacentes. Lucy *et al.* (1996) interprète cette bi-modalité comme une influence des pathologies sur la sénescence « normale ». Mais nous l'avons discuté dans le chapitre I, pathologie et sénescence sont des phénomènes liés et il est difficile de trouver des limites d'un processus par rapport à l'autre. Nous interprétons la distribution

bi-modale autrement. Si un spécimen possède une distribution bi-modale, cela signifie que certains caractères sont à des stades précoces alors que d'autres sont à des stades avancés. Cette information est importante pour étudier le comportement des caractères morphologiques entre eux. La bi-modalité peut, en effet, révéler un comportement différentiel entre caractères mais aussi entre indicateurs. Cela permet donc d'analyser les combinaisons d'indicateurs.

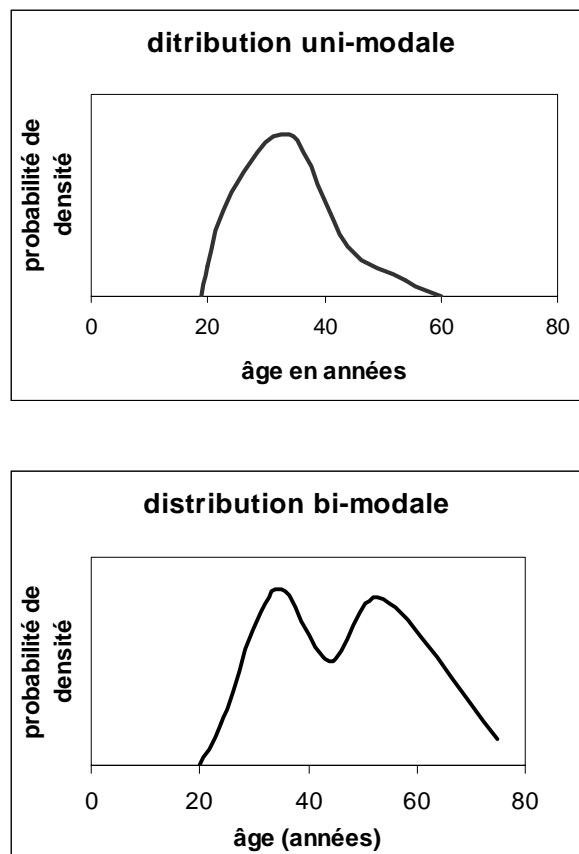


Figure V.1 : illustration d'une distribution uni-modale et d'une distribution bi-modale

Le seuil de classement

Nous avons défini plusieurs seuils de classement (0.75, 0.8, 0.85, 0.90, 0.95) et testé leur fiabilité par rapport aux intervalles chronologiques. Le seuil de classement à 0.8 est celui qui permet de classer le plus d'individus correctement.

Dans le tableau V.2., nous donnons 4 exemples possibles de distribution de probabilités *a posteriori*.

Tableau V.2 : exemple de distributions a posteriori

Classe d'âge	20-29	30-39	40-49	50-59	>60
Individu 1	0.91	0.09	0.00	0.00	0.00
Individu 2	0.00	0.45	0.55	0.00	0.00
Individu 3	0,03	0,05	0,20	0,35	0,37
Individu 4	0,21	0,21	0,25	0,20	0,13
Individu 5	0.00	0.01	0.04	0.11	0.84

- L'individu 1 a 91% de chance d'avoir entre 20 et 29 ans. Le seuil de 0.8 est atteint dans une classe d'âge.
- L'individu 2 a autant de chance d'être dans la classe 30-39 que dans la classe 40-49. Il n'est pas possible de trancher entre l'une ou l'autre classe d'âge. Cependant, on peut déduire que l'individu a 100% de chance d'avoir entre 30 et 49 ans.
- L'individu 3 a 82 % de chance d'avoir plus de 40 ans, on ne peut pas être plus précis.
- La distributions des probabilités de l'individu 4 s'étale sur toutes les classes d'âge. Déterminer l'âge de cet individu n'est pas possible. On le considère comme indéterminé.
- L'individu 4 a 84 % d'appartenir à la classe supérieure à 60. Le seuil de 0.8 est atteint dans une classe d'âge.

C1 - PROTOCOLE DE L'ANALYSE

Afin de procéder à une analyse des probabilités *a posteriori*, nous avons classé les spécimens dans des intervalles chronologiques en ayant soin d'atteindre au minimum un seuil de classement de 0.8. Nous avons ensuite analysé combien de spécimens sont bien classés, mal classés ou indéterminés (âge non déterminable). Ensuite, nous avons analysé combien d'intervalles chronologiques sont nécessaires pour bien classer les individus.

Les probabilités ont été calculées selon deux modes :

- mode 1 : selon la distribution *a priori* avec une espérance de vie à la naissance de 30 ans,
- mode 2 : selon une distribution *a priori* uniforme.

Ces deux modes ont été appliqués sur les indicateurs et les combinaisons d'indicateurs suivants :

- **1 SSPI** : surface sacro-pelvienne iliaque
- **2 SPI-TI** : surface sacro-pelvienne iliaque sans modification de la tubérosité iliaque
- **3 SSPI+SPU** : surface sacro-pelvienne iliaque associée à la symphyse pubienne
- **4 SSPI-TI+SPU** : surface sacro-pelvienne iliaque sans modification de la tubérosité iliaque associée à la symphyse pubienne
- **5 CO⁴** : extrémité sternale de la quatrième côte
- **6 SPU+CO⁴** : symphyse pubienne associée à l'extrémité sternale de la quatrième côte
- **7 SSPI+CO⁴** : surface sacro-pelvienne iliaque associée à l'extrémité sternale de la quatrième côte
- **8 SSPI-TI+CO⁴** : surface sacro-pelvienne iliaque sans modification de la tubérosité iliaque associée à l'extrémité sternale de la quatrième côte
- **9 SSPI+SPU+CO⁴** : surface sacro-pelvienne iliaque associée à la symphyse pubienne et à l'extrémité sternale de la quatrième côte
- **10 SSPI-TI+SPU+CO⁴** : surface sacro-pelvienne iliaque sans modification de la tubérosité iliaque associée à la symphyse pubienne et à l'extrémité sternale de la quatrième côte.

Remarque : effectif des échantillons incluant l'extrémité sternale de la quatrième côte

Pour CO^4 , l'extrémité sternale de la quatrième côte et les combinaisons 6 à 10, l'effectif des individus est trop restreint pour constituer un échantillon de référence et un échantillon test indépendant. Nous avons donc appliqué le système d'échantillonnage de la « **Jackknife** » (Efron, 1986). Nous avons calculé les distributions de probabilité *a posteriori* à partir de tout l'échantillon de référence excepté l'individu pour lequel nous estimons l'appartenance à une classe d'âge. Une fois cette estimation effectuée, nous réintégrons l'individu pour exclure le suivant.

Par souci de clarté, de nombreux tableaux sont présentés en annexe 2. Il s'agit :

- des tableaux de contingence des matrices bayésiennes pour chaque indicateur et/ou combinaison d'indicateurs et selon la distribution par classe de l'échantillon de référence, d'abord avec une espérance de vie à la naissance de 30 ans que nous appelons le mode 1 ($e_0=30$ ans), ensuite avec une distribution uniforme, que nous appelons le mode 2,
- des tableaux présentant les cotations et la distribution des probabilités des spécimens de l'échantillon test, selon la matrice bayésienne en mode 1 en mode 2.

Dans cette partie sont présentés les résultats de la classification pour chaque indicateur et chaque combinaison d'indicateurs :

- l'effectif des échantillons de référence selon le mode 1 ($e_0=30$) et selon le mode 2 (uniforme), l'effectif de l'échantillon test,
- les spécimens bien classés, mal classés, indéterminés,
- les intervalles chronologiques pour un seuil de probabilité ≥ 0.8 .

C2 - ANALYSE DES PROBABILITES A *POSTERIORI* SUR LES ECHANTILLONS TESTS

1 SSPI : SURFACE SACRO-PELVIENNE ILIAQUE

a) constitution de l'échantillon de référence et de l'échantillon test (tableau V.3)

L'échantillon de référence selon le mode 1 est constitué de 465 surfaces sacro-pelviennes iliaques et l'échantillon de référence selon le mode 2 de 350 surfaces sacro-pelviennes iliaques. Le test a été effectué sur 100 os.

Tableau V.3 : effectif des échantillons de référence et de l'échantillon test de SSPI

classe d'âge	effectif		
	référence (mode 1)	référence (mode 2)	test
20-29	62	70	13
30-39	60	70	13
40-49	60	70	13
50-59	70	70	15
>60	213	70	46
total	465	350	100

b) étude de la distribution des probabilités sur l'échantillon test pour SSPI

Selon le mode 1, il y a moins de spécimens dont l'âge est indéterminé que selon le mode 2 mais plus de sujets mal classés se situant dans les classes intermédiaires (tableau V.4).

Tableau V.4 : effectif des spécimens mal classés (MC), bien classés (BC), indéterminés (I) pour SSPI

	mode 1			mode 2			Total
	MC	BC	I	MC	BC	I	
20-29	1	12	0	0	13	0	13
30-39	5	6	2	3	8	2	13
40-49	6	6	1	2	10	1	13
50-59	6	8	1	0	14	1	15
>60	0	46	0	2	41	3	46
Total	18	78	4	7	86	7	100

Les tableaux V.4 et V.5 montrent que selon le mode 1 et 2, les spécimens de la classe 20-29 sont répartis dans des intervalles chronologiques de 10 ou 20 ans. Par contre les spécimens des classes intermédiaires sont, en majorité, distribués dans des intervalles de 30 ans. Les sujets de plus de 50 ans sont toujours classés au dessus de 40 ans, mais le mode 2 ne permet pas de reconnaître les spécimens de plus de 60 ans.

Tableau V.5 : répartition des spécimens bien classifiés selon l'intervalle chronologique en mode 1 pour SSPI (n=78)

	20-29	20-39	30-59	20-49	>40	>50	>60	total
20-29	6	4	0	2	0	0	0	12
30-39	0	2	2	2	0	0	0	6
40-49	0	0	1	2	3	0	0	6
50-59	0	0	0	0	4	4	0	8
>60	0	0	0	0	9	13	24	46

Tableau V.6 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode2 pour SPI (n=86)

	20-29	20-39	20-49	30-59	>40	>50	total
20-29	5	6	2	0	0	0	13
30-39	0	2	2	4	0	0	8
40-49	0	0	5	5	0	0	10
50-59	0	0	0	3	4	7	14
>60	0	0	0	0	15	26	41

2 SSPI-TI : SURFACE SACRO-PELVIENNE ILIAQUE SANS LA TUBEROSITE ILIAQUE

a) constitution de l'échantillon de référence et de l'échantillon test

L'effectif des échantillons est le même que pour SSPI (tableau V.3).

b) étude de la distribution des probabilités sur l'échantillon test pour SSPI-TI

Selon le mode 1, il y a plus de spécimens mal classés et plus d'indéterminés que le mode 2.

Ce sont les classes intermédiaires qui sont concernées (tableaux V.7).

Tableau V. 7: effectif des spécimens mal classés (MC), bien classés (BC), indéterminés (I) pour SSPI-TI

	mode 1			mode 2			total
	MC	BC	I	MC	BC	I	
20-29	0	12	1	0	13	0	13
30-39	5	2	6	4	9	0	13
40-49	5	4	4	1	12	0	13
50-59	1	10	4	1	14	0	15
>60	0	43	3	0	44	2	46
total	11	71	18	6	92	2	100

Les résultats (tableau V.8, V.9 et V.10) sont très proches de ceux obtenus pour SSPI. Seulement 5 spécimens sur 12, en mode 1, et 4 sur 13, en mode 2, de la classe 20-29 sont distribués dans l'intervalle de 10 ans correspondant. Les spécimens des classes intermédiaires sont attribués à des intervalles chronologiques de 30 ans quel que soit le mode. Les cas de plus de 50 ans sont toujours considérés comme ayant plus de 40 ans, mais le mode 2 ne reconnaît pas les spécimens de plus de 60 ans.

Tableau V.8: répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode1 pour SSPI-TI (n=71)

	20-39	20-29	20-49	>40	>50	>60	total
20-29	5	5	2	0	0	0	12
30-39	0	0	2	0	0	0	2
40-49	0	0	1	3	0	0	4
50-59	0	0	0	8	2	0	10
>60	0	0	0	13	18	12	43

Tableau V.9 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 2 pour SSPI-TI (n=86)

	20-29	20-39	20-49	30-59	>40	>50	total
20-29	4	6	3	0	0	0	13
30-39	0	1	5	3	0	0	9
40-49	0	0	7	3	2	0	12
50-59	0	0	0	2	6	6	14
>60	0	0	0	0	19	25	44

3 SSPI+SPU : SURFACE SACRO-PELVIENNE ILIAQUE ASSOCIEE A LA SYMPHYSE PUBIENNE

a) Constitution de l'échantillon de référence et de l'échantillon test (tableau V.10)

L'échantillon de référence est composé de 436 et 250 spécimens selon le mode 1 et le mode 2.

L'échantillon test est constitué de 100 spécimens indépendants.

Tableau V.10 : effectif des échantillons de référence et de l'échantillon test pour SSPI+SPU

	effectif		
	référence (mode 1)	référence (mode 2)	test
20-29	58	50	13
30-39	57	50	13
40-49	56	50	13
50-59	65	50	15
>60	200	50	46
total	436	250	100

b) étude de la distribution des probabilités sur l'échantillon test pour SSPI+SPU

Il y a moins de spécimens indéterminés en mode 1, mais plus de mal classés (tableau V. 11).

Tableau V. 11 : effectif des spécimens mal classés (MC), bien classés (BC), indéterminés (I) pour SSPI+SPU

	mode 1			mode 2			total
	MC	BC	I	MC	BC	I	
20-29	2	10	1	2	10	1	13
30-39	5	7	1	3	9	1	13
40-49	5	7	1	3	8	2	13
50-59	4	10	1	2	11	2	15
>60	2	43	1	2	43	1	46
total	18	77	5	12	81	7	100

Les spécimens de la catégorie 20-29 sont classés dans des intervalles de plus de 10 ans ; seulement 5/10 sont attribués à l'intervalle décennal correspondant. Les sujets des classes 30-39 et 40-49 sont attribués à des intervalles de 30 ans. Pour la classe 50-59, seulement 8/9 spécimens en mode 1 et 8/11 en mode 2 sont considérés comme ayant plus de 40 ans. En revanche, les sujets âgés de plus de 60 ans sont toujours classés au dessus de 40 ans. Mais, le mode 1 uniquement, permet d'identifier une partie des spécimens de plus de 60 ans, le mode 2 n'en reconnaît aucun (tableau V.12 et V.13).

Tableau V.12 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 1 pour SSPI+SPU (n=77)

	20-29	20-39	20-49	30-49	30-59	>40	>50	>60	total
20-29	5	3	2	0	0	0	0	0	10
30-39	0	0	3	0	4	0	0	0	7
40-49	0	0	0	1	3	3	0	0	7
50-59	0	0	0	0	1	5	4	0	10
>60	0	0	0	0	0	4	17	22	43

Tableau V.13 : répartition des spécimens selon l'intervalle chronologique en mode 2 pour SSPI+SPU (n=81)

	20-29	20-39	20-49	30-49	30-59	40-59	>40	>50	total
20-29	5	3	2	0	0	0	0	0	10
30-39	0	0	2	3	4	0	0	0	9
40-49	0	0	0	3	1	0	4	0	8
50-59	0	0	0	0	1	1	4	5	11
>60	0	0	0	0	0	0	12	31	43

4 SSPI-TI+SPU : SURFACE SACRO-PELVIENNE SANS TUBEROSITE ILIAQUE ASSOCIEE A LA SYMPHYSE PUBIENNE

a) constitution de l'échantillon de référence et de l'échantillon test

Les échantillons sont les mêmes que pour SSPI+SPU (tableau V.10).

b) étude de la distribution des probabilités sur l'échantillon test pour SSPI-TI+PU

Il y a le double de spécimens mal classés et d'indéterminés avec le mode 1, comparé au mode 2.
2. Ce sont les classes intermédiaires les moins bien reconnues (tableau V.14).

Tableau V.14 : effectif des spécimens mal classés (MC), bien classés (BC), indéterminés (I) pour SSPI-TI+SPU

	mode 1			mode 2			total
	MC	BC	I	MC	BC	I	
20-29	2	9	2	2	9	2	13
30-39	3	6	4	3	9	1	13
40-49	6	5	2	1	11	1	13
50-59	5	9	1	1	13	1	15
>60	2	43	1	2	43	1	46
total	18	72	10	9	85	6	100

Les résultats dans les tableaux V.15 et V.16 sont similaires à ceux obtenus avec SSPI+SPU.

Tableau V.15 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 1 pour SSPI-TI+SPU (n=72)

	20-29	20-39	20-49	30-59	>40	>50	>60	total
20-29	5	2	2	0	0	0	0	9
30-39	0	1	1	4	0	0	0	6
40-49	0	0	2	3	0	0	0	5
50-59	0	0	0	1	6	2	0	9
>60	0	0	0	0	9	12	22	43

Tableau V.16 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 2 pour SSPI-TI+SPU (=85)

	20-29	20-39	20-49	30-49	30-59	>40	>50	total
20-29	5	2	2	0	0	0	0	9
30-39	0	1	2	1	5	0	0	9
40-49	0	0	2	1	4	4	0	11
50-59	0	0	0	0	5	3	5	13
>60	0	0	0	0	0	15	28	43

5 CO⁴ : EXTREMITÉ STERNALE DE LA QUATRIÈME CÔTE**a) constitution des échantillons de référence et de l'échantillon test (tableau V.17)**

L'échantillon de référence est constitué de 178 spécimens et de 250 spécimens selon le mode 1 et le mode 2. Il n'y a pas suffisamment de sujets pour créer un échantillon test indépendant avec une distribution conforme au mode 1 ($e_0=30$ ans). Pour calculer les probabilités *a posteriori*, nous avons procédé à une « jackknife ».

Tableau V.17 : effectif des échantillons de référence et de l'échantillon test de CO⁴

classes d'âge	effectif		
	référence (mode 1)	référence (mode 2)	test
20-29	23	50	23
30-39	23	50	23
40-49	25	50	25
50-59	29	50	29
>60	78	50	78
total	178	250	178

b) étude de la distribution des probabilités pour l'échantillon test pour CO⁴

Il y a moins de spécimens indéterminés en mode 1, mais un nombre plus élevé de mal classés, comparé au mode 2 (tableau V.18).

Tableau V.18 : effectif des spécimens mal classés (MC), bien classés (BC), indéterminés (I) pour CO⁴

	mode 1			mode 2			total
	MC	BC	I	MC	BC	I	
20-29	2	21	0	2	21	0	23
30-39	10	12	1	7	16	0	23
40-49	7	18	0	3	20	2	25
50-59	8	20	1	1	23	5	29
>60	7	69	2	11	58	9	78
total	34	140	4	24	138	16	178

La majorité des spécimens de la classe 20-29 sont classés dans l'intervalle chronologique correspondant. Les spécimens des classes 30-39 et 40-49 sont attribués à des intervalles de 30 ans. Pour les classes 50-59 et >60, le mode 1 est plus performant car il permet de classer tous les spécimens au dessus de 40 ans et reconnaît les spécimens âgés de plus de 60 ans (tableau V.19 et V.20).

Tableau V.19 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 1 pour CO⁴ (n=140)

	20-29	20-49	>40	>50	>60	total
20-29	14	7	0	0	0	21
30-39	0	12	0	0	0	12
40-49	0	8	10	0	0	18
50-59	0	0	10	10	0	20
>60	0	0	17	27	25	69

Tableau V.20 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 2 pour CO⁴ (n=138)

	20-29	20-49	30-59	>40	>50	total
20-29	14	7	0	0	0	21
30-39	0	12	4	0	0	16
40-49	0	9	3	8	0	20
50-59	0	0	3	15	5	23
>60	0	0	0	33	25	58

6 SPU+CO⁴ : SYMPHYSE PUBIENNE ASSOCIEE A L'EXTREMITE STERNALE DE LA QUATRIEME COTE

a) constitution des échantillons de référence et de l'échantillon test (tableau V.21)

Les échantillons de référence sont constitués de 135 et 250 spécimens selon le mode. Comme pour l'extrémité sternale de la quatrième côte (CO⁴), l'effectif des spécimens observés est trop restreint pour créer un échantillon test indépendant. Nous avons eu recours au procédé de la « jackknife ».

Tableau V.21 : effectif des échantillons de référence et de l'échantillon test pour SPU+CO⁴

	effectif		
	référence (mode 1)	référence (mode 2)	test
20-29	17	50	17
30-39	18	50	18
40-49	19	50	19
50-59	22	50	22
>60	59	50	59
total	135	250	135

b) étude de la distribution des probabilités sur l'échantillon test pour SPU+CO⁴

Il y a plus de spécimens indéterminés en mode 1, mais moins de cas mal classés comparé au mode 2 (tableau V.22).

Tableau V.22 : effectif des spécimens mal classés (MC), bien classés (BC), indéterminés (I) pour SPU+CO⁴

	mode 1			mode 2			total
	MC	BC	I	MC	BC	I	
20-29	1	15	1	1	16	0	17
30-39	5	8	5	4	14	0	18
40-49	5	13	1	3	16	0	19
50-59	4	16	2	1	19	2	22
>60	3	48	8	9	45	5	59
total	18	100	17	18	110	7	135

Les tableaux V.22 et V.23 montrent que la majorité des spécimens de la classe 20-29 sont classés dans l'intervalle chronologique correspondant, quel que soit le mode. Les spécimens des classes 30-39 et 40-49 nécessitent des intervalles de 30 ans dans la majorité des cas. Les spécimens de la catégorie 50-59 peuvent être classés entre 30-59 ans. Le mode 1 permet de reconnaître les sujets de plus de 60 ans et n'attribue aucun spécimen de cette catégorie en dessous de 40 ans.

Tableau V.23 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 1 pour SPU+CO⁴ (n=100)

	20-29	20-49	30-39	30-49	30-59	>40	>50	>60	total
20-29	13	2	0	0	0	0	0	0	15
30-39	0	3	1	1	3	0	0	0	8
40-49	0	1	0	4	5	3	0	0	13
50-59	0	0	0	0	7	2	7	0	16
>60	0	0	0	0	0	7	20	21	48

Tableau V.24 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 2 pour SPU+ CO⁴ (n=110)

	20-29	20-39	20-49	30-49	30-59	>40	>50	total
20-29	13	1	1	0	1	0	0	16
30-39	0	1	4	1	8	0	0	14
40-49	0	0	3	5	4	4	0	16
50-59	0	0	0	0	8	3	8	19
>60	0	0	0	0	0	18	27	45

7 SSPI+CO⁴ : SURFACE SACRO-PELVIENNE ILIAQUE ASSOCIEE A L'EXTREMITE STERNALE DE LA QUATRIEME COTE

a) constitution des échantillons de référence et de l'échantillon test (tableau V.25)

L'échantillon de référence selon le mode 1 est constitué de 133 spécimens. L'échantillon de référence selon le mode 2 est composé de 100 spécimens. Le nombre de cas étant restreints, nous n'avons pas pu créer un échantillon test indépendant, cet échantillon est le même que pour le mode 1, nous avons, de nouveau, réalisé une « jackknife ».

Tableau V.25 : effectif des échantillons de référence et de l'échantillon test de SSPI+CO⁴

classes d'âge	effectif		
	référence (mode 1)	référence (mode 2)	test
20-29	17	20	17
30-39	17	20	17
40-49	19	20	19
50-59	22	20	22
>60	58	20	58
total	133	100	133

b) étude de la distribution des probabilités sur l'échantillon test pour SSPI+CO⁴

Il n'y a aucun spécimen dont l'âge est indéterminé pour le mode 1 et un seul cas selon le mode 2. Nous observons autant de mauvaises classifications dans les deux modes. Pour le mode 2, il s'agit surtout des classes 40-49 et >60. Pour le mode 1, il s'agit plutôt des classes intermédiaires (tableau V.26).

Tableau V. 26 : effectif des spécimens mal classés (MC), bien classés (BC), indéterminés (I) pour SSPI+CO⁴

	mode 1		mode 2			total
	MC	BC	MC	BC	I	
20-29	1	16	2	15	0	17
30-39	6	11	2	15	0	17
40-49	7	12	9	10	0	19
50-59	6	16	2	19	1	22
>60	4	54	8	50	0	58
total	24	109	23	109	1	133

Les résultats, dans les tableaux V.27 et V.28, signalent que la moitié des spécimens de la classe 20-29 sont attribués à l'intervalle chronologique correspondant, selon les deux modes. Les spécimens des catégories 30-39 et 40-49 sont essentiellement classés sur des intervalles de 30 ans. Les individus de plus de 50 ans sont, en majorité, considérés comme ayant plus de 40 ans selon les deux modes, mais certains sont classés entre 30 et 59 ans. En revanche, quel que soit le mode, les sujets de plus de 60 ans sont toujours considérés au dessus de 40 ans. Le mode 1 permet d'identifier 43 spécimens de plus de 60 ans, performance meilleure que le mode 2 (25 sur 50).

Tableau V.27 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 1 pour SSPI+CO⁴ (n=109)

	20-29	20-39	20-49	30-49	30-59	>40	>50	>60	total
20-29	7	3	6	0	0	0	0	0	16
30-39	0	1	4	2	4	0	0	0	11
40-49	0	0	6	2	2	2	0	0	12
50-59	0	0	0	0	4	1	11	0	16
>60	0	0	0	0	0	3	8	43	54

Tableau V.28 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 2 pour SSPI+CO⁴ (n=109)

	20-29	20-39	20-49	30-39	30-49	30-59	40-59	>40	>50	>60	total
20-29	8	4	3	0	0	0	0	0	0	0	15
30-39	0	3	3	1	2	6	0	0	0	0	15
40-49	0	0	3	0	2	2	0	3	0	0	10
50-59	0	0	0	0	0	5	2	1	11	0	19
>60	0	0	0	0	0	0	0	3	22	25	50

8 SSPI-TI+CO⁴ : SURFACE SACRO-PELVIENNE SANS TUBEROSITE ILIAQUE ASSOCIEE A L'EXTREMITÉ STERNALE DE LA QUATRIÈME CÔTE

a) constitution des échantillons tests et de l'échantillon test.

Les échantillons sont les mêmes que pour SSPI-CO⁴ (tableau V.25).

b) étude de la distribution des probabilités sur l'échantillon test pour SSPI-TI+ CO⁴

Il y a plus de spécimens indéterminés en mode 1, principalement dans la classe 30-39, mais un peu moins d'individus mal classés qu'en mode 2 (tableau V.29).

Tableau V.29 : effectif des spécimens, mal classés (MC), bien classés (BC),

	mode 1			mode 2			total
	MC	BC	I	MC	BC	I	
20-29	1	15	1	2	15	0	17
30-39	4	10	3	3	12	2	17
40-49	8	11	0	6	13	0	19
50-59	3	18	1	2	20	0	22
>60	4	53	1	7	50	1	58
total	20	107	6	20	110	3	133

indéterminés (I) pour SSPI-TI+ CO⁴

Pour la classe 20-29, les résultats (tableaux V.30 et V.31) sont très proches de ceux calculés pour SSPI-CO⁴. La moitié des spécimens seulement sont classés dans l'intervalle correspondant, quel que soit le mode. Les sujets de la catégorie 30-39 sont classés dans des intervalles de 20 et 30 ans. Nous pouvons noter qu'en mode 2, un spécimen a été bien classé entre 30 et 39 ans. Les spécimens de la classe 40-49 sont rangés dans des intervalles de 30 ans. Certains spécimens de la catégorie 50-59 sont classés entre 30 et 59 ans selon les deux modes. Le mode 2 ne permet pas de reconnaître les cas de plus de 60 ans. De plus, en mode 1, seulement 1 spécimen est considéré comme ayant plus de 40 ans, les autres sont systématiquement classés au dessus de 50 ans.

Tableau V.30 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 1 pour SSPI-TI+CO⁴ (n=107)

	20-29	20-39	20-49	30-49	30-59	40-59	>40	>50	>60	total
20-29	7	4	4	0	0	0	0	0	0	15
30-39	0	4	3	2	1	0	0	0	0	10
40-49	0	0	4	2	1	2	2	0	0	11
50-59	0	0	0	0	4	1	5	8	0	18
>60	0	0	0	0	0	0	1	10	42	53

Tableau V.31 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 2 pour SSPI-TI+CO⁴ (n=110)

	20-29	20-39	20-49	30-39	30-49	30-59	40-59	>40	>60	>50	total
20-29	7	5	3	0	0	0	0	0	0	0	15
30-39	0	5	2	1	2	2	0	0	0	0	12
40-49	0	0	5	0	2	1	2	3	0	0	13
50-59	0	0	0	0	0	7	2	6	0	5	20
>60	0	0	0	0	0	0	0	7	24	19	50

9 SSPI+SPU+CO⁴ : SURFACE SACRO-PELVIENNE ILIAQUE ASSOCIEE A LA SYMPHYSE PUBIENNE ET A L'EXTREMITÉ STERNALE DE LA QUATRIÈME CÔTE

a) constitution des échantillons de référence et de l'échantillon test.

Ce sont les mêmes que pour SSPI+CO⁴ (tableau V. 25).

b) étude de la distribution des probabilités sur l'échantillon test pour SSPI+SPU+CO⁴

Aucun spécimen n'est indéterminé en mode 2 et, seulement 4 le sont en mode 1. Les pourcentages d'individus mal classés en mode 1 et en mode 2 sont proches (tableau V.32).

Tableau V.32 : effectif des spécimens mal classés (MC), bien classés (BC), indéterminés (I) pour SSPI+SPU+CO⁴

	mode 1			mode 2		total
	MC	BC	I	MC	BC	
20-29	3	13	1	4	13	17
30-39	3	12	2	2	15	17
40-49	6	13	0	6	13	19
50-59	3	19	0	3	19	22
>60	4	53	1	7	51	58
total	19	110	4	22	111	133

Les résultats (tableaux V.33 et V.34) indiquent que les spécimens de la catégorie 20-29 sont classés en grande majorité dans l'intervalle chronologique correspondant, quel que soit le mode. La majorité des spécimens des classes 30-39 et 40-49 sont attribués à des intervalles de 20 ans. Il y a quelques cas classés dans des intervalles de 10 ans. La majorité des individus de la catégorie 50-59 sont considérés comme ayant plus de 40 ans, mais quelques uns sont, toutefois, classés en 30-59. Les deux modes permettent de reconnaître les spécimens de plus de 60 ans. Ceux-ci sont systématiquement classés au dessus de 40 ans. Cependant, le mode 1 identifie plus de cas dont l'âge dépasse 60 ans que le mode 2.

Tableau V.33 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 1 pour SSPI+SPU+CO⁴ (n=110)

	20-29	20-39	20-49	30-39	30-49	30-59	40-49	>40	50-59	>50	>60	total
20-29	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
30-39	0	5	1	1	3	2	0	0	0	0	0	12
40-49	0	0	1	0	8	1	1	2	0	0	0	13
50-59	0	0	0	0	0	3	0	3	3	10	0	19
>60	0	0	0	0	0	0	0	2	0	7	44	53

Tableau V.34 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 2 pour SSPI+SPU+CO⁴ (n=111)

	20-29	20-39	20-49	30-39	30-49	30-59	40-49	40-59	>40	50-59	>50	>60	total
20-29	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
30-39	0	5	1	2	2	5	0	0	0	0	0	0	15
40-49	0	0	2	0	4	2	4	1	0	0	0	0	13
50-59	0	0	0	0	0	5	0	2	1	4	7	0	19
>60	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	16	30	51

10 SSPI-TI+SPU+CO⁴ : SURFACE SACRO-PELVIENNE ILIAQUE SANS TUBEROSITE ILIAQUE ASSOCIEE A LA SYMPHYSE PUBIENNE ET A L'EXTREMITÉ STERNALE DE LA QUATRIEME COTE

a) constitution des échantillons de référence et de l'échantillon test

L'effectif des échantillons est le même que pour SSPI+CO⁴ (tableau V. 25)

b) étude de la distribution des probabilités pour l'échantillon test pour SSPI-TI+SPU+CO⁴

Il y a très peu de spécimens indéterminés dans les deux modes et autant d'indéterminés (tableau V. 35).

Tableau V.35 : effectif des spécimens mal classés (MC), bien classés (BC), indéterminés (I) pour SSPI-TI+SPU+CO⁴

	mode 1			mode 2			total
	MC	BC	I	MC	BC	I	
20-29	1	14	2	3	14	0	17
30-39	8	9	0	6	9	2	17
40-49	5	14	0	4	15	0	19
50-59	1	21	0	3	19	0	22
>60	5	53	0	7	50	1	58
total	20	111	2	23	107	3	133

Les tableaux V.36 et V.37 signalent les mêmes résultats que pour SSPI+SPU+CO⁴. La répartition selon les intervalles chronologiques sont très proches.

Tableau V.36 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 1 pour SSPI-TI+SPU+CO⁴ (n=111)

	20-29	20-39	20-49	30-49	30-39	30-59	40-49	40-59	>40	50-59	>50	>60	total
20-29	11	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
30-39	0	3	0	3	1	2	0	0	0	0	0	0	9
40-49	0	0	1	7	0	1	1	1	3	0	0	0	14
50-59	0	0	0	2	0	3	0	2	3	1	10	0	21
>60	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	10	42	53

Tableau V.37 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 2 pour SSPI-TI+SPU+CO⁴ (n=107)

	20-29	20-39	20-49	30-39	30-49	30-59	40-49	40-59	>40	50-59	>50	>60	total
20-29	11	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
30-39	0	3	1	1	3	1	0	0	0	0	0	0	9
40-49	0	0	1	0	6	2	2	2	2	0	0	0	15
50-59	0	0	0	0	0	3	0	4	5	1	6	0	19
>60	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	14	29	50

C3 - SYNTHESE DES RESULTATS

a) comparaison des résultats selon le mode employé

Lorsqu'on utilise un échantillon de référence dont la distribution par âge correspond au mode 1 ($e_0=30$ ans), il y a plus de spécimens mal classés, sauf pour SSPI+SPU+CO⁴ et SSPI-TI+SPU+CO⁴ et plus d'indéterminés qu'avec l'échantillon de référence selon le mode 2 (distribution uniforme) (figures V.2, V.3 et V.4).

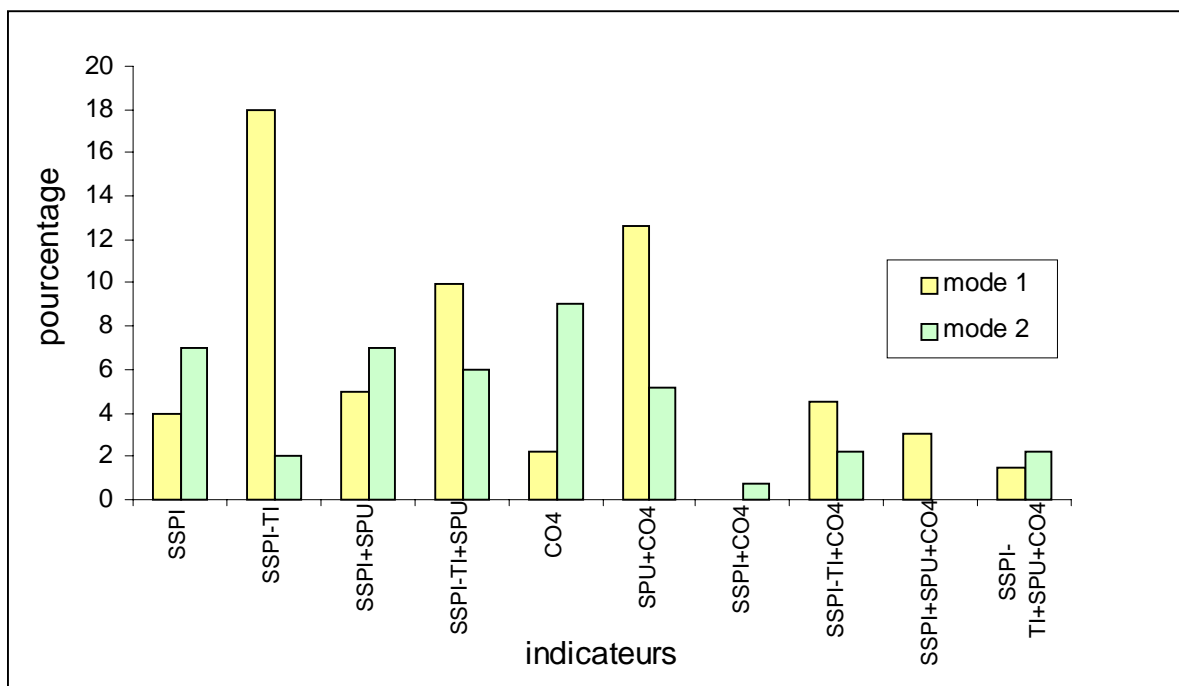


Figure V. 2 : effectif des spécimens indéterminés dans les échantillons de référence par indicateurs

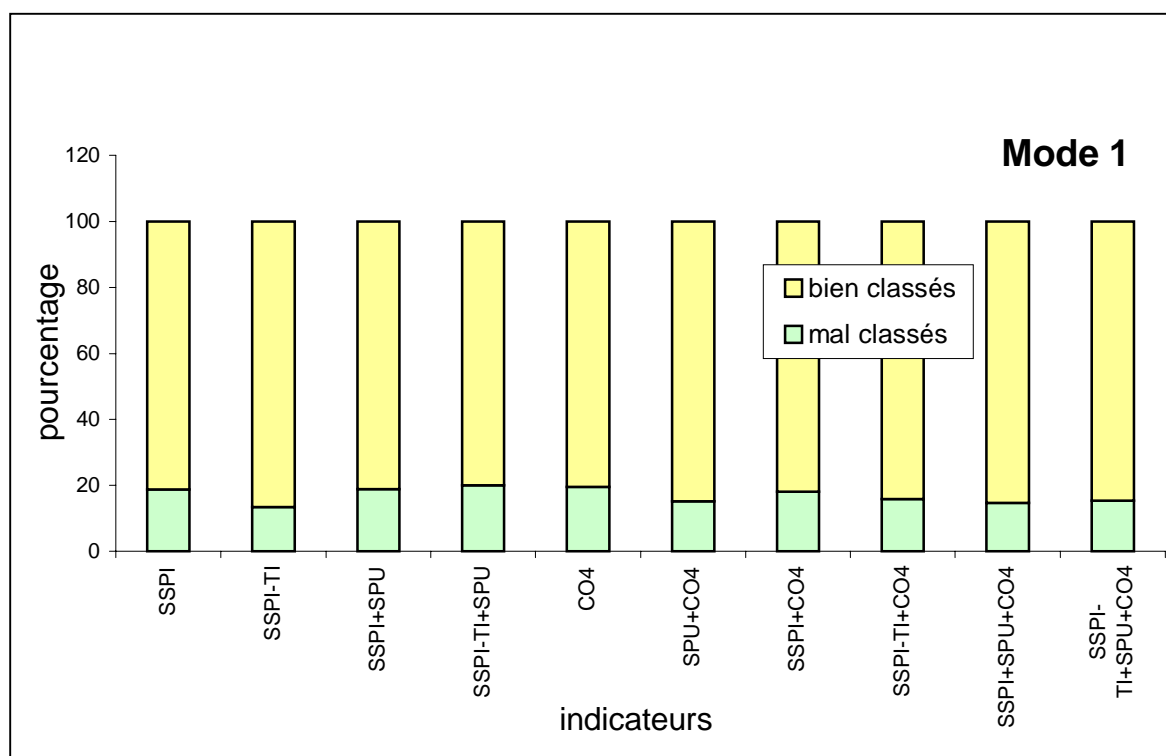


Figure V.3 : pourcentage des spécimens biens classés et mal classés par indicateurs selon le mode 1

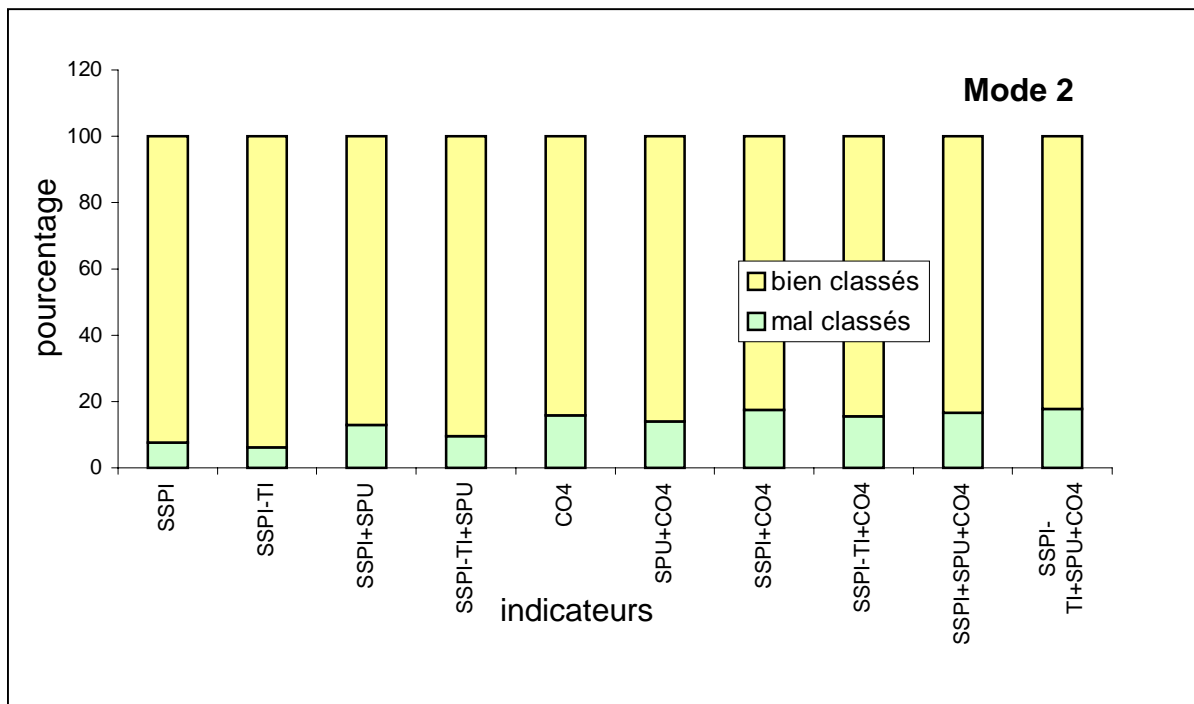


Figure V.4: pourcentage des spécimens biens classés et mal classés selon le mode 2

Le mode 2 (distribution uniforme) ne permet pas l'identification des sujets de plus de 60 ans sauf pour les combinaisons suivantes : SSPI+CO⁴, SSPI+SPU+CO⁴ et SSPI-TI+SPU+CO⁴. Cependant, l'extrémité sternale de la quatrième côte (CO⁴) et la surface sacro-pelvienne (SSPI), utilisées indépendamment ne permettent pas de reconnaître les sujets de plus de 60 ans en mode 2. Il faut nécessairement que ces deux indicateurs soient combinés.

Quel que soit le mode employé, les classes d'âge les mieux discriminées sur les intervalles chronologiques correspondant, sont les classes extrêmes. Les spécimens appartenant aux catégories 30-39 et 40-49 sont classés pour la majorité des combinaisons d'indicateurs dans des intervalles de 30 ans. L'utilisation de l'extrémité sternale de la quatrième côte et des combinaisons incluant cet indicateur permettent de diminuer l'intervalle jusqu'à 20 ans et pour quelques spécimens jusqu'à 10 ans.

b) l'indicateur le plus performant

L'indicateur le plus performant est la **surface sacro-pelvienne iliaque (SSPI)**. Les combinaisons de cet indicateur avec la symphyse pubienne (SPU) ou l'extrémité sternale de la quatrième côte (CO⁴) n'augmentent pas la performance de la classification. Les performances augmentent si on ne tient pas compte de la tubérosité iliaque. L'absence de ce caractère donne un pourcentage plus élevé de spécimens bien classés. Néanmoins, dans ce cas, l'effectif des spécimens dont l'âge est indéterminé est plus élevé.

c) la symphyse pubienne (SPU)

La symphyse pubienne (SPU) combinée avec la surface sacro-pelvienne iliaque (SSPI) permet d'obtenir des résultats comparables à l'utilisation de SSPI, en mode 1. Les résultats sont moins bons en mode 2. La combinaison de l'extrémité sternale de la quatrième côte (CO⁴) avec la symphyse pubienne (SPU) donne un pourcentage de spécimens bien classés supérieur à CO⁴, mais le nombre de spécimens indéterminés est beaucoup plus élevé.

d) l'extrémité sternale de la quatrième côte (CO4)

L'extrémité sternale de la quatrième côte permet une meilleure reconnaissance des spécimens de la classe 20-29 par rapport aux autres indicateurs et aux autres combinaisons. Elle peut être utilisée à la place de la surface sacro-pelvienne iliaque, si celle-ci est absente, mais uniquement dans ce cas. Nous notons, toutefois, que les résultats sont moins performants en mode 2. La combinaison de l'extrémité sternale de la quatrième côte avec SSPI et SPU donne de meilleur résultat que SSPI+SPU uniquement pour le mode 1. Les classes 30-39 et 40-49 sont attribués à des intervalles plus étroits, de l'ordre de 10 ou 20 ans. L'extrémité sternale de la quatrième côte augmente la précision pour les classes 20-29, 30-39 et 40-49.

e) les distributions des probabilités bi-modales

Les spécimens dont la distribution des probabilités est bi-modale sont surlignés en gras dans les tableaux de la première partie de l'annexe 2. Les distributions bi-modales sont induites, dans la plupart des cas, par une conjonction de caractères à des stades précoces (score minimum) et de caractères à des stades avancés (score ultime), autrement dit à un mélange entre morphologie précoce et avancée (Schmitt et Broqua, 2000) pour deux caractères d'un même indicateur.

Sur la figure V.5, nous observons que les distributions bi-modales sont toujours moins nombreuses selon le mode 2, excepté pour la combinaison SSPI-TI+SPU+CO⁴. En mode 2, la

distribution par âge de l'échantillon de référence est uniforme, la fréquence des combinaisons entre caractères n'est pas la même qu'en mode 1. Pour la surface sacro-pelvienne iliaque, par exemple, les distributions bi-modales en mode 1 correspondent en majorité à : SSPIA en score 2, SSPIB en score 3, et SSPIC et SSPID en score 1. Alors qu'en mode 2, c'est SSPIB en score 4 avec SSPIC et SSPID en score 1 qui induit la bi-modalité. L'absence de la tubérosité iliaque diminue considérablement le nombre de spécimens bi-modaux, ce qui est tout à fait logique, puisque le nombre de combinaisons possibles de caractères est diminué.

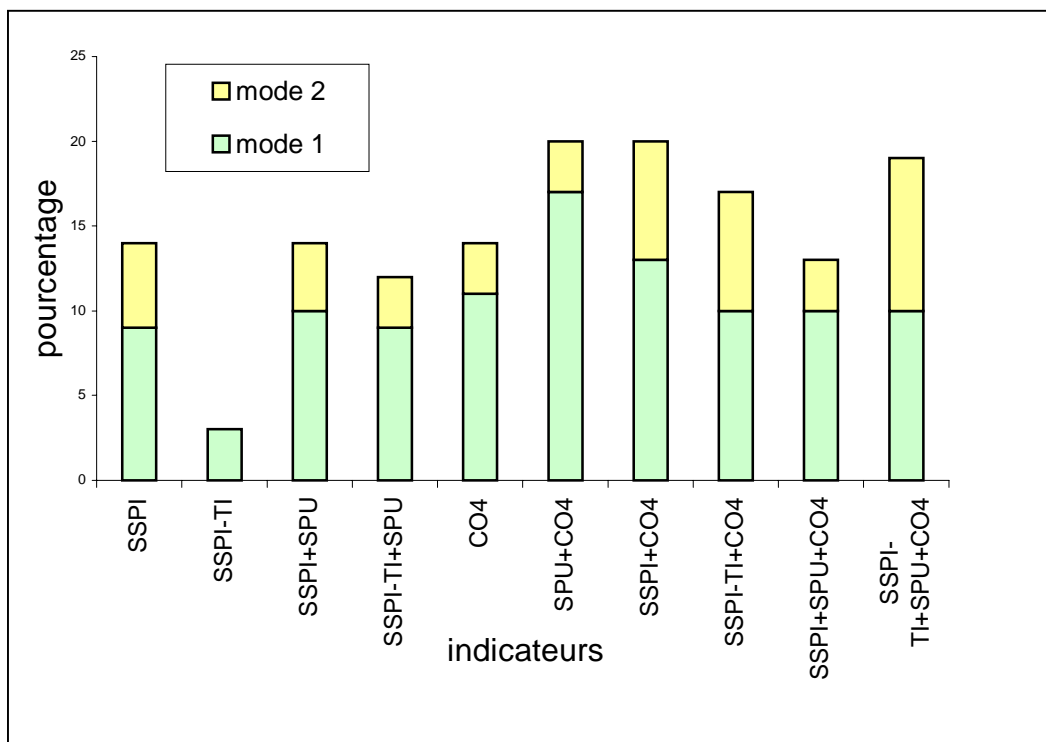


Figure V.5 : pourcentage des distributions bi-modales selon le mode 1 et 2

L'effectif et les causes de distributions bi-modales pour l'extrémité sternale de la quatrième côte sont comparables à ceux de la surface sacro-pelvienne iliaque.

Le nombre de distributions bi-modales pour la combinaison SSPI+SPU est similaire avec ou sans la tubérosité iliaque. Le phénomène de bi-modalité résulte plutôt d'une différence entre l'évolution de la morphologie des indicateurs avec l'âge. Il en est de même pour la combinaison SPU+CO⁴.

Lorsque SSPI est combinée à CO⁴, les distributions bi-modales concernent en majorité les mêmes spécimens en mode 1 et en mode 2. L'effectif est plus élevé que pour la combinaison

SPU+CO⁴ et SSPI et CO⁴, employés comme indicateurs indépendants. On peut en déduire une différence entre l'évolution des indicateurs.

Lorsque tous les indicateurs sont combinés (SSPI+SPU+CO⁴), le nombre de distributions bi-modales est élevé quel que soit le mode. La majorité des spécimens bi-modaux sont communs aux deux modes. Nous attribuons ce résultat à l'effet de l'extrémité sternale de la quatrième côte combinée à la surface sacro-pelvienne iliaque, puisque l'effet de la symphyse pubienne est minime.

f) conclusion

- La **surface sacro-pelvienne iliaque** permet de classer le plus de spécimens dans des intervalles chronologiques fiables.
- La combinaison de plusieurs indicateurs ne donne pas de meilleurs résultats.
- Le mode 1 et 2 diffèrent surtout par la reconnaissance des spécimens de plus de 60 ans. Le mode 2 n'identifie pas cette catégorie d'âge, contrairement au mode 1.
- Les spécimens des classes intermédiaires, 30-39 et 40-49 sont attribuées à des intervalles chronologiques de l'ordre de 30 ans. L'extrémité sternale de la quatrième côte permet d'obtenir des intervalles plus étroits. Quel que soit l'indicateur ou la combinaison, les spécimens appartenant à ces classes ne sont jamais considérés comme ayant plus de 50 ans.
- La classe 50-59 est surtout bien discriminée en mode 1. Tous les spécimens sont considérés ayant au delà de 40 ans.

Nous pouvons conclure, à ce stade, que les classes d'âge extrêmes sont mieux identifiées que les classes intermédiaires. Dans une perspective d'études paléobiologiques, il est approprié de regrouper ces classes intermédiaires puisque les probabilités ne sont pas suffisamment élevées pour permettre d'attribuer un intervalle chronologique étroit.

D - ANALYSE DES PERFORMANCES DES INDICATEURS EN GROUPEMENT DE CLASSES

D1 - MODE D'ANALYSES DES SIMULATIONS DE CLASSEMENT

Nous avons simulé un classement selon les résultats de la partie précédente. Nous avons analysé les résultats sous forme de matrice de confusion. Une matrice de confusion est un tableau de contingence confrontant les classes obtenues (colonnes) et les classes désirées (lignes) pour l'échantillon. Sur la diagonale, on trouve donc le nombre d'éléments bien classés et hors de la diagonale l'effectif des éléments mal classés ; la somme des valeurs sur une ligne donne le nombre d'exemplaires théoriques de la catégorie. Si les classes sont indépendantes, la position de l'erreur n'a aucune signification, si par contre les classes ne sont pas indépendantes, ce qui est le cas dans notre étude, une sorte de graduation de la fiabilité, sous forme de taux, peut être définie.

- Taux global : c'est le pourcentage d'éléments bien classés sur toutes les classes d'âge.
- Taux *a priori* : c'est le taux d'erreur pour chaque classe, soit le pourcentage d'individus mal classés par catégorie d'âge.
- Taux *a posteriori* : c'est le taux de fiabilité pour une classe d'âge donné, soit le pourcentage de spécimens bien classés.

Exemple : prenons un problème de classification, 3 classes A, B et C indépendantes selon la répartition suivante :

Tableau V.38 : exemple de matrice de confusion

	A	B	C
A	50	0	0
B	4	45	1
C	6	4	40

- Le taux global : on obtient de 90% d'éléments bien classés, soit $[(50+45+40)/150 = 0.90]$.
- Le taux *a priori* : le système ne se trompe pas sur la reconnaissance des éléments de la classe A, il fait 5 erreurs sur 50 pour la classe B, soit 10% d'erreur et 10 sur 50 pour la classe C, soit 20 % d'erreur.

➤ Le taux *a posteriori* : lorsque le système déclare qu'un élément appartient à la classe A, il se trompe 10 fois sur 60, il y a 6.67% de chance que ce soit un individu de la catégorie B et 10% de chance que ce soit un individu de la classe C. Le taux de fiabilité pour la catégorie A est donc de 83.33 %.

Cette analyse des calculs bayésiens nous permet de connaître la performance de chaque indicateur en terme de classification des spécimens des échantillons tests.

Nous avons procédé à une analyse des performances en simulant un regroupement par classe d'âge, selon les résultats obtenus dans la partie B.

Pour le mode 1, il est logique de regrouper les classes 30-39, 40-49 et 50-59 en une seule catégorie. Pour le mode 2, il faut regrouper 30-39 avec 40-49 et 50-59 avec >60.

Ces matrices de confusion sont présentées dans la deuxième partie de l'annexe 2 (tableaux AV.33 à AV.41). Par souci de clarté, nous montrons ici les résultats du calcul des taux.

D2 - DISTINCTION DE TROIS CLASSES D'ÂGE : 20-29, 30-59, >60 EN MODE 1

a) taux global (tableau V.39)

Le taux global est meilleur pour SSPI, SSPI+SPU+CO⁴, SSPI-TI+SPU+CO⁴ et SSPI+CO⁴. Le taux le plus bas concerne SPU+CO⁴. La symphyse pubienne combinée avec la quatrième côte ou la surface sacro-pelvienne iliaque donne de moins bons résultats que ces indicateurs utilisés indépendamment.

Tableau V.39 : taux global en mode 1, 20-29, 30-59, >60

indicateur (s)	taux global
SSPI	84,42
SSPI-TI	73,61
SSPI+SPU	77,22
SSPI-TI+SPU	78,75
CO ⁴	77,66
SPU+CO ⁴	72,97
SSPI+CO ⁴	82,14
SSPI-TI+CO ⁴	79,34
SSPI+SPU+CO ⁴	84,13
SSPI-TI+SPU+CO ⁴	82,46

b) taux a priori (tableau V.40)

SSPI et CO⁴, considérés indépendamment permettent de faire le moins d'erreur pour la classe 20-29. En revanche, la tubérosité iliaque joue un rôle important dans cette reconnaissance. Le taux d'erreur est plus élevé lorsque celle-ci n'est pas prise en considération. Ce résultat est paradoxal si l'on considère l'analyse des probabilités réalisée dans la partie C. Pour la classe 30-59, les erreurs dépassent toujours 22% quel que soit l'indicateur utilisé. CO⁴ et SSPI-TI sont les indicateurs les moins performants. En revanche, l'utilisation de la symphyse pubienne (SPU) diminue le pourcentage d'erreur. Pour la classe >60, le taux d'erreur est moindre pour SSPI et SSPI-TI. La combinaison qui donne le plus d'erreurs est SPU+CO⁴.

Tableau V.40 : taux a priori 20-29, 30-59, >60

indicateur (s)	20-29	30-59	>60
SSPI	9.09	34.62	5.00
SSPI-TI	16.67	57.69	5.88
SSPI+SPU	45.45	31.25	8.33
SSPI-TI+SPU	54.55	24.24	8.33
CO ⁴	6.25	50.00	10.42
SPU+CO ⁴	23.53	31.48	22.50
SSPI+CO ⁴	23.08	25.00	10.91
SSPI-TI+CO ⁴	35.29	27.08	10.71
SSPI+SPU+CO ⁴	23.53	22.22	7.27
SSPI-TI+SPU+CO ⁴	26.67	23.91	9.43

c) taux a posteriori (tableau V.41)

Les taux de fiabilité les plus élevés pour la classe 20-29 sont ceux des combinaisons SSPI+SPU et SSPI-TI+SPU. SSPI et SSPI-TI donne également de bons résultats. L'identification de la classe 30-59 est plus fiable avec les indicateurs SSPI et SSPI+SPU+CO⁴. Pour la classe >60, la meilleure performance est pour SSPI+CO⁴, SSPI+SPU+CO⁴ avec ou sans la tubérosité iliaque et SSPI. Sans la tubérosité iliaque, la performance de SSPI baisse à 13 %.

Tableau V.41 : taux a posteriori , 20-29, 30-59, >60

indicateur (s)	20-29	30-59	>60
SSPI	90.91	85.00	82.61
SSPI-TI	90.91	73.33	69.57
SSPI+SPU	100.00	73.33	76.74
SSPI-TI+SPU	100.00	73.53	80.49
CO ⁴	78.95	75.00	78.18
SPU+CO ⁴	86.67	77.08	64.58
SSPI+CO ⁴	71.43	78.57	87.50
SSPI-TI+CO ⁴	68.75	74.47	86.21
SSPI+SPU+CO ⁴	76.47	84.00	86.44
SSPI-TI+SPU+CO ⁴	73.33	79.55	87.27

D3 - DISTINCTION DE 3 CLASSES D'AGE EN REGROUPEMENT 20-29, 30-49, >50 EN MODE 2

a) taux global (tableau V.42)

Le taux global est meilleur pour les combinaisons incluant la surface sacro-pelvienne iliaque : SSPI-TI, SSPI, SSPI+SPU et SSPI-TI+SPU, SSPI+SPU+CO⁴. Le taux le moins élevé concerne l'extrémité sternale de la quatrième côte (CO⁴).

Tableau V.42 : taux global en mode 2, 20-29, 30-49, >50

indicateur (s)	taux global
SSPI	83.75
SSPI-TI	86.25
SSPI+SPU	83.12
SSPI-TI+SPU	82.43
CO ⁴	74.13
SPU+CO ⁴	75.24
SSPI+CO ⁴	78.45
SSPI-TI+CO ⁴	75.89
SSPI+SPU+CO ⁴	81.90
SSPI-TI+SPU+CO ⁴	77.97

b) taux a priori (tableau V.43)

Pour la classe 20-29, les combinaisons d'indicateurs qui permettent de commettre le moins d'erreur sont SPU+CO⁴ et SSPI-TI. Le taux d'erreur le plus élevé (25%) concerne SSPI+SPU avec ou sans la tubérosité iliaque. Pour la classe 30-49, les erreurs sont toutes supérieures à 30%. L'absence de la tubérosité iliaque augmente le taux d'erreur. La combinaison qui donne le moins d'erreur est SPU+CO⁴, le plus d'erreur concerne SSPI-TI. Pour les spécimens de plus de 50 ans, le taux d'erreur le moins élevé revient à SSPI et SSPI-TI et le plus élevé à SPU+CO⁴. Ce résultat corrobore avec les résultats obtenus en mode 1.

Tableau V.43 : taux a priori en mode 2, 20-29, 30-49, >50

indicateur (s)	20-29	30-49	>50
SSPI	23.08	47.37	2.08
SSPI-TI	16.67	61.54	1.82
SSPI+SPU	25.00	35.29	9.62
SSPI-TI+SPU	25.00	43.75	8.00
CO ⁴	33.33	35.14	20.00
SPU+CO ⁴	18.75	30.77	23.81
SSPI+CO ⁴	23.08	40.74	14.47
SSPI-TI+CO ⁴	23.08	53.57	12.68
SSPI+SPU+CO ⁴	21.43	32.26	11.27
SSPI-TI+SPU+CO ⁴	21.43	40.63	13.89

c) taux a posteriori (tableau V.44)

Le classement de la catégorie 20-29 est la plus fiable pour SSPI+SPU, SSPI-TI+SPU, suivi par SSPI-TI. La combinaison qui donne le résultat le moins fiable est SSPI-TI+CO⁴. Pour la classe 30-49, le taux est supérieur à 52%, mais ne dépasse pas 71.43%. L'indicateur le moins fiable pour cette catégorie est SSPI, le plus fiable est CO⁴. La présence de la tubérosité iliaque permet d'augmenter les performances. Pour les spécimens de plus de 50 ans, le taux *a posteriori* oscille entre 85% et 90.28%. La combinaison SSPI+CO⁴ donne la meilleure fiabilité.

Tableau V.44 : taux a posteriori en mode 2, 20-29, 30-49, >50

indicateur (s)	20-29	30-49	>50
SSPI	83.33	71.43	87.04
SSPI-TI	90.91	62.50	88.52
SSPI+SPU	100.00	61.11	88.68
SSPI-TI+SPU	100.00	60.00	86.79
CO ⁴	82.35	52.17	85.00
SPU+CO ⁴	86.67	52.94	85.71
SSPI+CO ⁴	71.43	53.33	90.28
SSPI-TI+CO ⁴	62.50	52.00	87.32
SSPI+SPU+CO ⁴	84.62	65.63	88.73
SSPI-TI+SPU+CO ⁴	73.33	59.38	87.32

D4 - CONCLUSION

Les taux globaux sont illustrés dans la figure V.6. Selon le mode 1, ce taux oscille entre 72,97% et 84,42%, selon le mode 2 entre 74.13% et 86.25%.

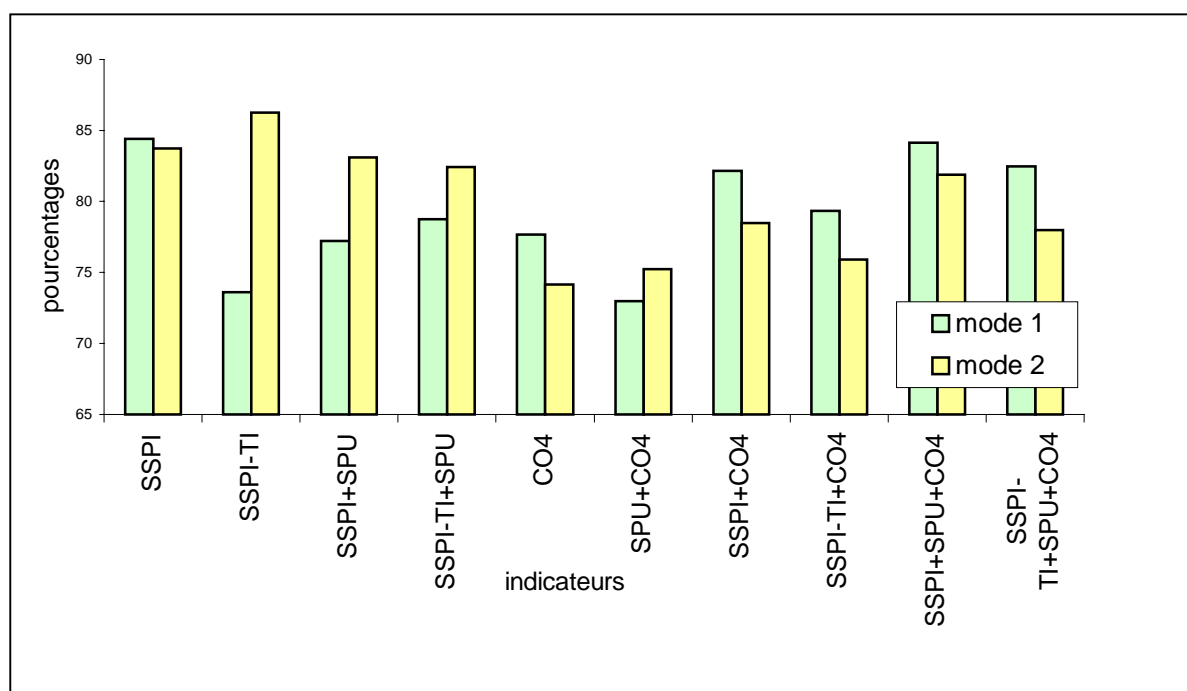


Figure V.6 : taux global selon le mode 1 et le mode 2

Cependant, la classification selon le regroupement 20-29, 30-49 et >50 avec une distribution par âge de l'échantillon de référence uniforme n'est pas performant pour les classes intermédiaires (figure V.7 et V.8). Sa performance réside dans la classe 20-29 et les plus de 50 ans. Le regroupement selon une distribution de l'échantillon de référence avec une espérance de vie à la naissance de 30 ans permet une meilleure classification des spécimens.

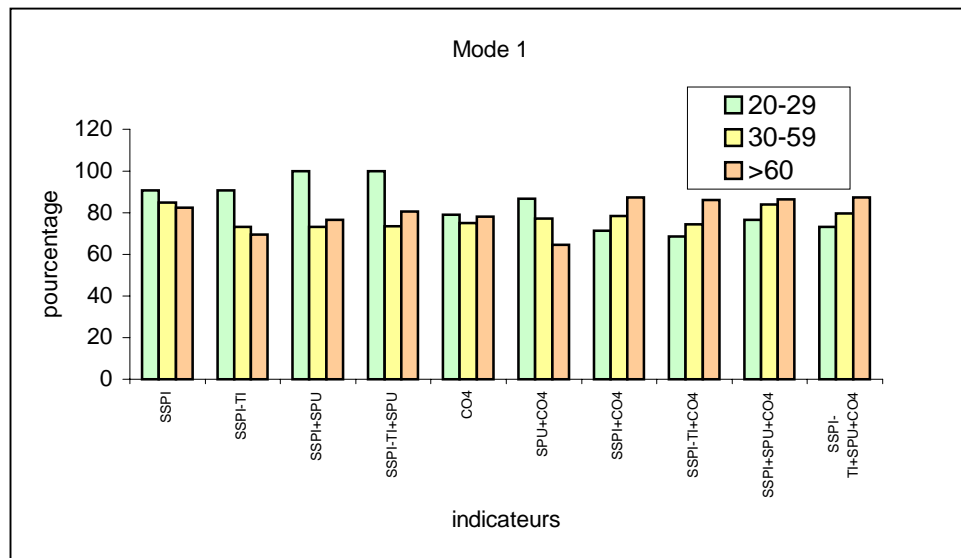


Figure V.7 : taux a posteriori selon le mode 1

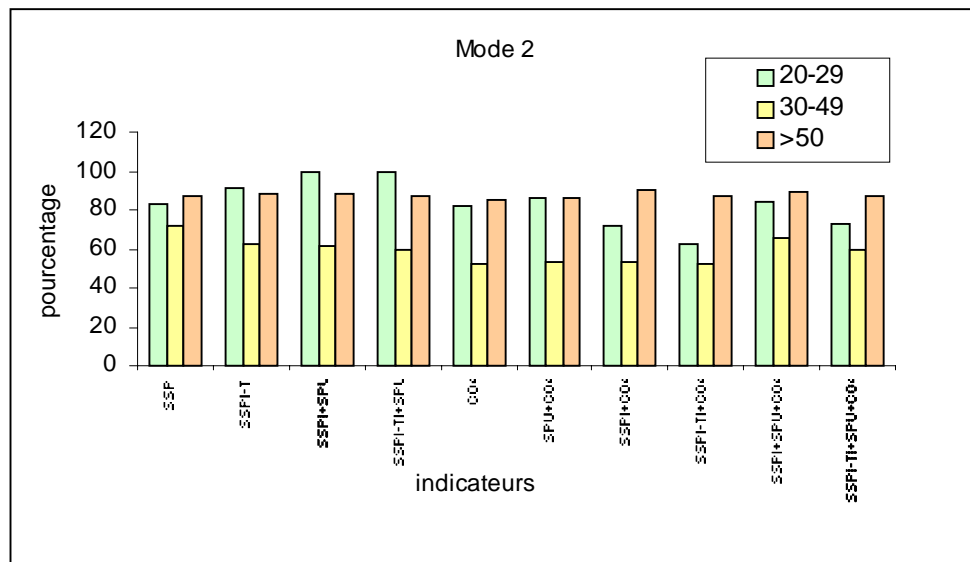


Figure V.8 : taux a posteriori selon le mode 2

CHAPITRE VI
LES RESEAUX DE NEURONES ARTIFICIELS
ET L'ESTIMATION DE L'AGE AU DECES

Les réseaux de neurones artificiels sont largement utilisés dans le domaine médical (Baxt, 1990 ; Fujita *et al.*, 1992 ; Poli *et al.*, 1991 ; Hamilton *et al.*, 1997 ; Armoni, 1998). Les diagnostics cliniques et les processus pathologiques sont des phénomènes qui manifestent des comportements chaotiques (Baxt, 1995) que l'on peut difficilement prédire avec les statistiques traditionnelles. Les réseaux de neurones artificiels, par leur nature et leur fonctionnement permettent de gérer ce genre de données.

La relation entre l'âge chronologique et les indicateurs osseux que nous utilisons, bien qu'évidente, n'en est pas moins complexe et certainement pas linéaire. Il semble donc intéressant de tenter l'application des réseaux de neurones à nos données. L'objectif de ce travail est de tester le potentiel de cet outil de prédiction pour notre problématique.

Ce chapitre s'articule en trois parties :

- (A) dans un premier temps, nous expliquons **l'intérêt** des réseaux de neurones dans le cadre de notre problématique en introduisant son fonctionnement,
- (B) dans une deuxième partie, nous décrirons particulièrement le **fonctionnement** du perceptron multi-couches, réseau de neurones le plus utilisé, en général et en médecine clinique en particulier (Rumelhart *et al.*, 1986 ; Touzet, 1992 ; Penny et Frost, 1996 ; Warner et Misra, 1996),
- (C) pour finir, nous donnerons les résultats d'une **application** faite à partir de la symphyse pubienne et la surface sacro-pelvienne iliaque pour estimer l'âge au décès des adultes.

A – PARTICULARITES ET INTERETS DES RESEAUX DE NEURONES

De nombreux ouvrages et articles expliquent le fonctionnement des réseaux de neurones (Davallo et Naïm, 1990 ; Bourret *et al.*, 1991 ; Touzet, 1992 ; Abdi, 1994 ; Jodouin, 1994 ; Cross *et al.*, 1995 ; Müller *et al.*, 1995 ; Blayo et Verleysen, 1996 ; Penny et Frost, 1996). Les informations des parties (A) et (B) sont tirées de ces ouvrages.

A1 - FONDEMENT BIOLOGIQUE DU RESEAU DE NEURONES

a) le réseau de neurones biologique

Le cerveau humain excelle dans la résolution de problèmes mal définis pour lesquels il faut prendre en compte simultanément un grand nombre de contraintes parfois contradictoires (mémoire et perception par exemple). L'idée originelle des réseaux de neurones s'inspire des propriétés du cerveau : apprentissage, généralisation, robustesse au bruit, traitement parallèle de l'information. L'objectif étant de construire des systèmes de calculs, capables de résoudre le type de problèmes que les êtres vivants savent résoudre.

Le cerveau humain, est composé d'un très grand nombre de processeurs élémentaires, les **neurones**. Les neurones traitent l'information. La mémoire humaine est associative. Le cerveau fonctionne à partir d'interconnexions massives de telle façon que la configuration des liens entre l'ensemble des neurones puisse se modifier au fil de l'expérience.

Les neurones recueillent les signaux provenant d'autres neurones. Le neurone a 5 fonctions spécialisées, il reçoit des signaux en provenance de neurones voisins, il intègre les signaux, il engendre un influx nerveux, il le conduit, il le transmet à d'autres neurones capables de le recevoir.

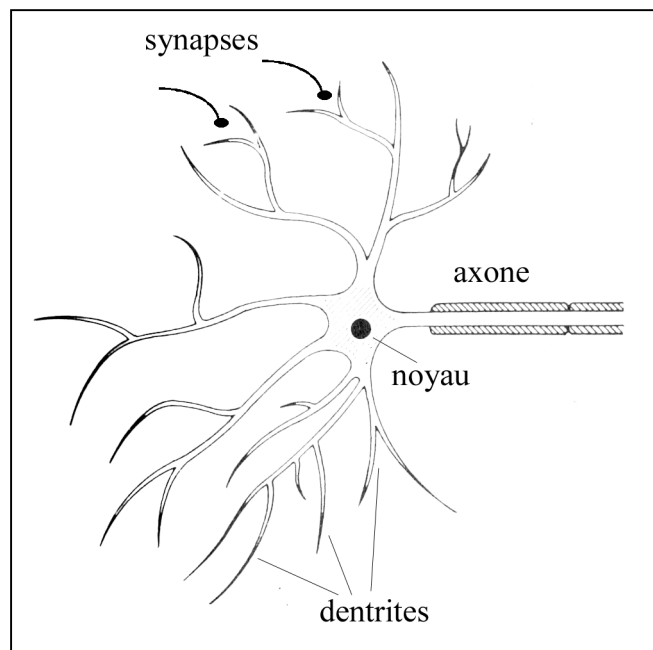


Figure VI. 1 : neurone biologique

Un neurone est constitué de trois parties : le corps cellulaire, les dendrites, l'axone. Le corps cellulaire effectue les transformations biochimiques nécessaires à la synthèse des enzymes. Les dendrites (structures arborescentes) sont les récepteurs principaux du neurone pour capter les signaux qui lui parviennent. L'axone est une fibre nerveuse qui sert de moyen de transport pour les signaux émis par le neurone. Pour former le système nerveux, les neurones sont connectés les uns aux autres suivant des répartitions spatiales complexes. Les connexions se font à des endroits appelés synapses. La synapse transforme le signal électrique propagé dans l'axone en signaux électriques qui inhibent ou activent le neurone post-synaptique.

Le soma (ou corps cellulaire) effectue une somme des influx nerveux transmis par les dendrites. Si cette somme dépasse un seuil, le neurone répond par un influx nerveux qui se propage le long de l'axone ; sinon, le neurone reste inactif.

Le fonctionnement synaptique s'ajuste en fonction des signaux reçus, ce qui permet de dire que les synapses apprennent leur comportement à partir des signaux qui lui sont imposés.

A2 - LE RESEAU DE NEURONES ARTIFICIEL :

UN MECANISME CALCULATOIRE INSPIRE DU RESEAU DE NEURONES BIOLOGIQUE

Les réseaux de neurones artificiels sont des systèmes de calcul qui s'inspirent directement des caractéristiques des réseaux de neurones biologiques.

- La connaissance est acquise par le réseau au travers d'un processus d'apprentissage.
- Les connexions entre les neurones, associées à un poids synaptique, servent à stocker la connaissance.
- L'assemblage des constituants élémentaires réalise un traitement simple, mais l'ensemble fait émerger des propriétés globales.

Un réseau de neurones ne se programme pas pour réaliser telle ou telle tâche. Il est entraîné sur des données grâce à un mécanisme d'apprentissage qui agit sur les constituants du réseau afin de réaliser au mieux la tâche souhaitée. Il peut s'agir d'association, de classification, de discrimination, d'estimation.

Chacun des neurones dans le réseau de neurones artificiels traite, localement, l'information qui lui parvient, puis transmet aux autres neurones qui lui sont connectés l'information traitée. Ces cellules peuvent apprendre en changeant l'intensité de leurs connexions avec d'autres cellules ou détruire ou même créer de nouvelles connexions. L'apprentissage est une phase du

développement d'un réseau de neurones. Cet apprentissage peut être guidé par la connaissance des résultats attendus, c'est l'apprentissage supervisé. Dans le cas où il n'est pas supervisé, le réseau doit trouver, par lui-même, les régularités sous-jacentes des données. Il faut trouver le moyen de modifier l'intensité des connexions par apprentissage. La capacité de généralisation d'un réseau de neurones est fondamentale. Elle permet au réseau de donner une réponse satisfaisante à une entrée qui ne fait pas partie des exemples appris.

Il faut cependant proposer des modèles mathématiques du neurone réel, de la jonction synaptique, des schémas d'interconnexion des neurones et des règles permettant d'agir sur les différents paramètres de cette modélisation.

A3 - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Les réseaux de neurones sont organisés autour d'un ensemble de cellules ou neurones. On dispose d'une base de connaissances constituée d'exemples qui constituent la référence empirique sur laquelle le réseau est entraîné.

Le neurone artificiel est un processeur élémentaire. Ces neurones sont reliés entre eux par des connexions. A chaque connexion est associé un poids. Le traitement de ce poids se fait par le calcul de la somme pondérée des entrées. Chaque processeur élémentaire dispose d'une entrée qui permet de recevoir l'information, provenant d'autres cellules, et d'une fonction d'activation (Figure VI.2).

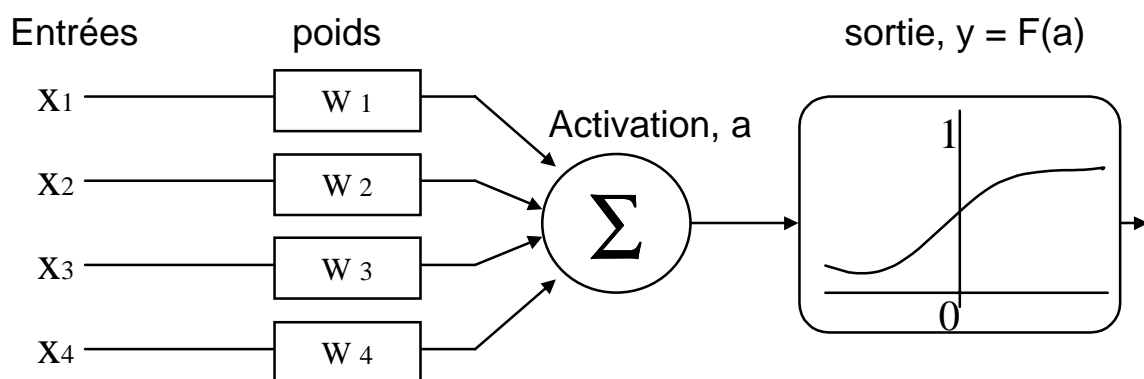


Figure VI.2 : schématisation d'un neurone formel

Le neurone est l'élément clé : il s'agit d'une cellule de calcul élémentaire que l'on peut schématiser de la manière suivante où x_j est la $j^{\text{ème}}$ entrée, y_i la $i^{\text{ème}}$ sortie et w_{ij} représente la pondération de la $j^{\text{ème}}$ entrée relativement à la $i^{\text{ème}}$ sortie.

On a donc : $y_i = f_i(\sum_j w_{ij}x_j)$ où f_i est la **fonction d'activation** associée à la cellule i .

Le choix d'une fonction d'activation se révèle être un élément déterminant pour les performances des réseaux de neurones. La fonction est un élément du modèle qui dépend en partie du problème : si la sortie du neurone doit délivrer une valeur binaire, il faut utiliser une fonction à échelons, mais si la sortie doit être une valeur réelle, dans ce cas, on peut proposer d'autres fonctions qui répondent aux contraintes exprimées, par exemple une fonction sigmoïde.

La figure suivante (VII.3) montrent les fonctions d'activation les plus couramment utilisées.

- la fonction sigmoïde standard (fonction logistique) : la sortie varie continûment mais non linéairement,
- la fonction gaussienne,
- la fonction à seuil : la sortie prend deux valeurs, respectivement basse ou élevée selon que l'entrée totale est inférieure ou supérieure à un certain seuil.

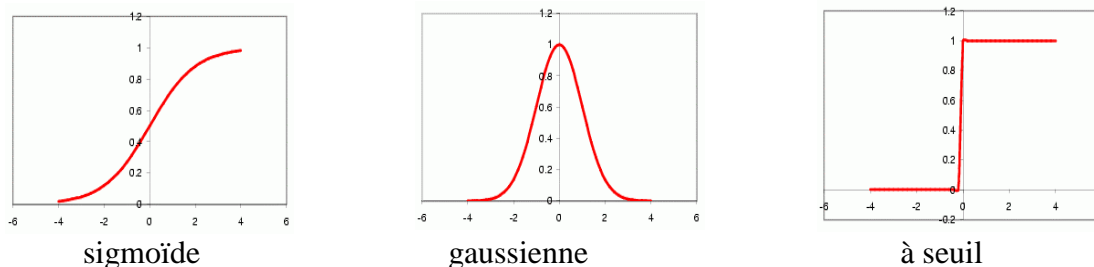


Figure VI.3 : fonctions d'activation

La notion clé des réseaux de neurones est que tout traitement d'informations peut se réduire à la construction d'une fonction.

A4 - LES RESEAUX DE NEURONES ARTIFICIELS : UNE ALTERNATIVE AUX STATISTIQUES TRADITIONNELLES

Les réseaux de neurones sont applicables dans tous les situations où existe une relation entre la variable prédictive et la variable prédite. On peut faire un parallèle entre les réseaux de neurones et la régression pour laquelle nous avons une série de variables indépendantes et de variables dépendantes entre lesquelles nous cherchons une relation.

a) avantage par rapport aux statistiques traditionnelles

Avec les méthodes statistiques traditionnelles, il faut d'abord penser à un modèle, et le tester puis, repenser à un autre modèle et le tester jusqu'à ce qu'on obtienne un modèle suffisamment précis (Armoni, 1998). Les réseaux de neurones utilisent l'approche itérative (Warner et Misra, 1996). Quand on utilise un réseau de neurones, on ne connaît pas la nature exacte de la relation entre l'entrée et la sortie, si c'était le cas on pourrait modéliser la relation directement.

On peut utiliser un réseau de neurones même si la relation est très complexe et difficile à articuler dans les termes communs de corrélations ou de différences entre groupes. Par exemple, l'utilisation d'un réseau de neurones est appropriée pour résoudre les modèles non-linéaires. Il peut utiliser des détecteurs pour découvrir les interactions multiples non linéaires parmi une série de variables d'entrée qui permettent un partitionnement complexe de l'espace modelé (Dawson *et al.*, 1994).

La figure VI.4 illustre une analyse discriminante appliquée à deux classes. Sur la figure A, nous voyons que la discriminante utilisée n'est pas suffisante pour séparer les observations en classes non chevauchantes. L'addition d'une seconde variable (figure b) produit une séparation linéaire complète, cas rare ou inexistant en biologie. La figure C montre deux classes séparées par une limite non linéaire ou par des courbes fermées (figure D), ces deux situations seront mieux traitées par les réseaux de neurones que par les analyses classiques.

Contrairement aux modèles statistiques traditionnels de régression, les réseaux ne font pas d'hypothèses sur la distribution normale. La distribution de nombreuses données, en pathologie clinique par exemple, peut être modelée plus précisément par les réseaux de neurones artificiels que par les méthodes statistiques traditionnelles (Dybowski et Gant, 1995). On peut, dès lors, considérer les réseaux de neurones comme une méthode de régression non paramétrique (Warner et Misra, 1996).

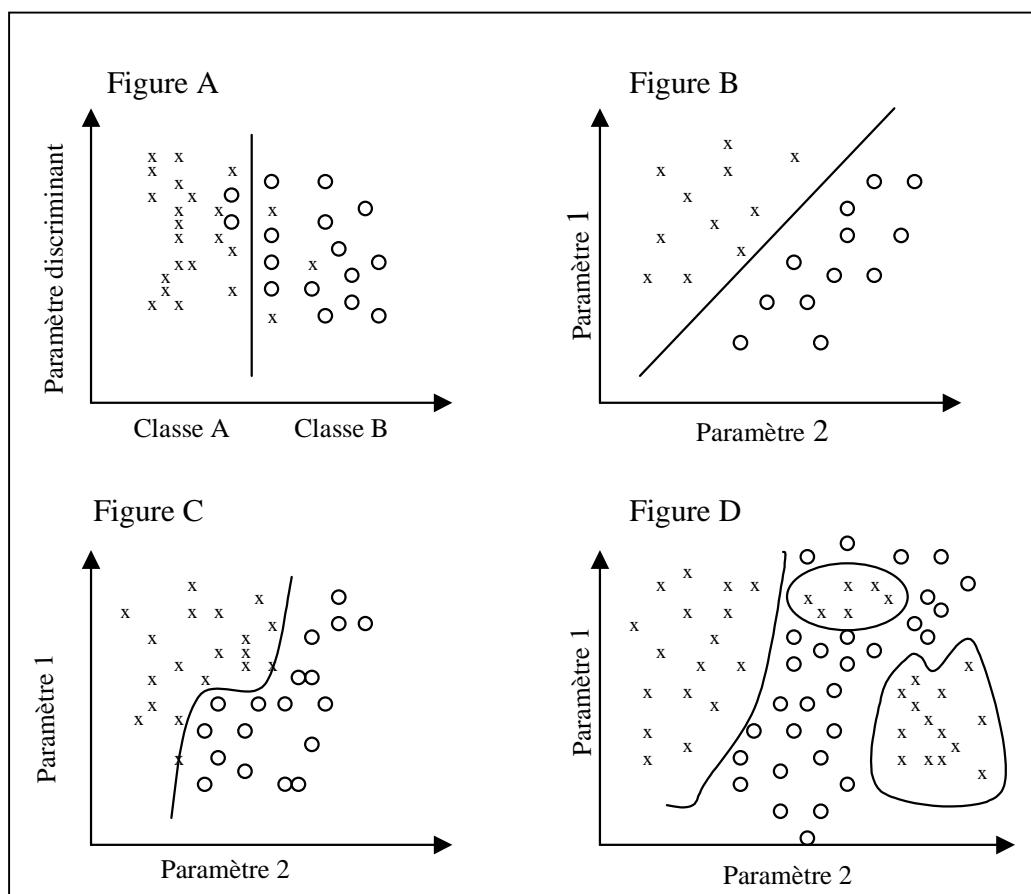


Figure VI.4 : illustration des relations linéaires et non linéaire, d'après Cross et al. (1995, p. 1076)

b) limite possible des réseaux de neurones

Les statistiques traditionnelles ont une fonction analytique, alors que les réseaux de neurones sont comme des boîtes noires. En effet, un réseau de neurones est constitué d'une architecture complexe et non linéaire, il est donc difficile de déchiffrer les paramètres pour fournir des interprétations et des explications physiques des prises de décision (Dincuff, 1998). Cependant, dans le domaine médical, par exemple, les cliniciens experts font des jugements intuitifs et sont souvent incapables d'expliquer le processus de leur réflexion à d'autres spécialistes (Guerriere et Detsky, 1991). Dans le cadre de notre étude, nous sommes principalement intéressés par la capacité d'apprentissage et de généralisation des réseaux de neurones artificiels. La critique émise précédemment n'est donc pas une limite pour notre objectif.

On a tenté des comparaisons entre la performance des réseaux de neurones et les méthodes statistiques traditionnelles, comme la régression logistique. Certains travaux montrent que les réseaux de neurones sont plus efficaces (Armoni, 1998 ; Hamilton *et al.*, 1997 ; Arana *et al.*, 1998), d'autres que les méthodes statistiques sont plus performantes (Wolberg et Mangasarian, 1990 ; Reibnegger *et al.*, 1991 ; Ongphiphadhankul *et al.*, 1997). On peut, d'une part, considérer que les séries d'apprentissage ne sont pas toujours suffisamment importantes pour permettre des comparaisons réalistes avec les méthodes traditionnelles (Dybowsky et Gant, 1995) et d'autre part, que les méthodes comparées reposent sur une certaine dextérité dans la mise en œuvre. En d'autres termes, les analyses ne sont pas toujours comparables.

B - LE PERCEPTRON

Pour être en mesure de résoudre tous les problèmes de séparation, linéaire ou non, il faut généraliser l'algorithme à un réseau à plusieurs couches. En effet, plusieurs couches de traitement permettent de réaliser des associations non linéaires entre l'entrée et la sortie.

B1 - L'ARCHITECTURE DU PERCEPTRON MULTI-COUCHES

La structure du perceptron multi-couches est simple. Les neurones sont arrangés par couches. Une couche est un ensemble de cellules n'offrant aucune interaction directe dans la structure. La figure VI.5 montre un perceptron multi-couches avec une couche cachée.

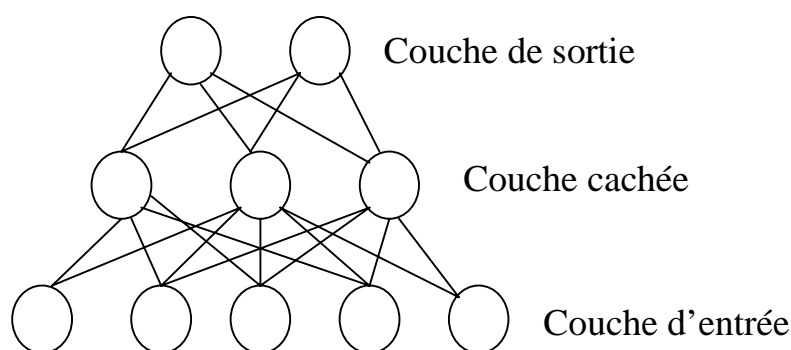


Figure VI.5 : perceptron multi-couches

La première couche est appelée couche d'entrée. Elle reçoit les données sources que l'on veut utiliser dans l'analyse. Sa taille est déterminée par le nombre et le codage des variables. La seconde couche est une couche cachée, elle n'a pas de contact direct avec l'extérieur. Les fonctions d'activation sont en général non linéaires sur ces couches. Le choix de sa taille n'est pas implicite et doit être ajustée par expérimentation.

La troisième couche est la couche de sortie. Elle donne le résultat obtenu après compilation par le réseau, des données entrées dans la première couche. Sa taille est déterminée par le nombre et le codage des variables que l'on veut en sortie.

Les connexions possibles se font entre neurones de couches consécutives et dirigées vers l'avant.

Un perceptron multi-couches avec deux niveaux cachés est suffisant pour modeler tous les problèmes. En pratique, la plupart des problèmes sont résolus avec un ou deux niveaux, trois au maximum (Hornik *et al.*, 1989). L'adjonction de couches cachées permet au réseau une plus grande flexibilité dans le stockage des informations mais complexifie d'autant la mise au point et le temps de calcul.

B2 - APRENTISSAGE ET RETROPROPAGATION

Le perceptron multi-couches traite l'information par un apprentissage supervisé qui se fait par correction d'erreur.

L'algorithme qui permet de résoudre le problème du calcul des poids synaptiques du perceptron multi-couches est la **rétro-propagation**. De même que l'on est capable de propager un signal provenant des cellules d'entrée vers la couche de sortie, on peut en suivant le chemin inverse, rétro propager l'erreur commise en sortie vers les couches internes.

Une technique par calcul numérique (Bryson et Ho, 1969), puis une technique de régression linéaire (Werbos, 1974) ont été mises au point. Cette dernière a été redécouverte vers la fin des années quatre-vingt par plusieurs chercheurs (Le Cun, 1986 ; Parker, 1985 ; Rumelhart *et al.*, 1986).

a) principe de la rétropropagation

On dispose d'un ensemble d'exemples qui sont des couples (entrées, sorties désirées). Le réseau est d'abord initialisé, c'est à dire que les poids synaptiques sont donnés de façon aléatoire pour permettre au réseau de commencer son apprentissage. A chaque étape, un exemple est présenté en entrée et le réseau calcule une sortie. Ce calcul est effectué de proche

en proche de la couche d'entrée à la couche de sortie. Cette phase est appelée propagation avant. Ensuite l'erreur (somme quadratique des erreurs sur chaque cellule de sortie) est calculée en comparant la sortie calculée à la sortie attendue. Cette erreur est ensuite rétropropagée dans le réseau, donnant lieu à une modification de chaque poids, ayant participé à l'erreur constatée. Ce processus est répété en présentant successivement chaque exemple. L'apprentissage consiste à minimiser l'erreur quadratique commise sur l'ensemble des exemples, considérée comme une fonction des poids par une approximation d'une descente de gradient comme dans la règle de Widrow-Hoff (1960). Le signal d'erreur suit le chemin inverse de signaux d'entrée du réseau (d'où le nom de rétropropagation). Il est mesuré directement sur les neurones de sortie, il est calculé par sommation pondérée des signaux d'erreur de la couche suivante pour les neurones en amont. Cet algorithme a donc l'avantage d'être local, c'est à dire que les calculs d'apprentissage sont effectués au niveau de chaque neurone indépendamment.

b) stratégies pour calculer l'erreur : deux systèmes possibles

Pour le calcul de l'erreur, il y a plusieurs systèmes possibles, le système **Batch** et le système **OnLine** :

- dans le système Batch, l'erreur calculée entre la sortie prédite et la sortie désirée est stockée par le réseau et additionnée après le passage de tous les couples de données, après chaque itération,
- dans le système On line, l'erreur est prise en compte après le passage de chaque couple de données.

c) taux d'apprentissage et du terme d'inertie

La rétropropagation procède par sauts discrets, dont la taille est réglée par le taux d'apprentissage. Choisir une valeur satisfaisante est difficile. Trop petit, il augmente inutilement le temps d'apprentissage en forçant le réseau à procéder par petits pas sur la surface d'erreur. Trop grand, il empêche le réseau de se stabiliser sur un choix de poids unique. L'usage courant est d'amorcer l'entraînement du réseau avec un taux d'apprentissage relativement grand de l'ordre de 0.5 à 0.7, puis de le diminuer au fur et à mesure que l'apprentissage progresse.

Pour améliorer la convergence de l'apprentissage, on peut ajouter un terme d'inertie à la correction calculée par la rétropropagation . Cette technique atténue les effets d'un trop grand

taux d’apprentissage. En pratique, les valeurs d’inertie choisies s’échelonnent généralement entre 0.6 et 0.9.

d) le sur-apprentissage

L’apprentissage du réseau de neurones est un procédé mis en place pour trouver une fonction non linéaire à partir d’une base empirique, ayant comme objectif une prédiction d’un nouveau groupe de données. Mais il peut apprendre de telle façon (« par coeur ») que la généralisation n’est pas appropriée à de nouvelles données. Dans ce cas, le réseau apprend à modeler le bruit au lieu de la fonction sous-jacente. Ce problème est connu sous le nom de sur-apprentissage. L’objectif est que le réseau modèle la fonction sous-jacente qui lie les entrées aux sorties sans tenir compte du bruit des données.

L’utilisation d’un échantillon de contrôle permet de pallier ce problème. Une partie des données est utilisée pour faire une vérification indépendante du progrès de l’algorithme permettant de tester la performance de la généralisation. La technique du « early stopping » permet d’arrêter l’apprentissage quand l’erreur du contrôle commence à augmenter (indiquant le début du sur-apprentissage).

Le sur-apprentissage se produit lorsque le réseau de neurones est entraîné avec la totalité des données sans contrôle, ou si un nombre trop important d’itérations est utilisé pour son apprentissage, ou si l’architecture du réseau est trop complexe par rapport à la fonction estimée. Dans ce dernier cas, une solution consiste à enlever des unités cachées ou des couches cachées. Si il y a sous-apprentissage, c’est à dire, quand le réseau n’arrive pas à avoir de bonnes performances sur les données à partir desquelles il apprend, il faut ajouter des neurones dans les couches cachés ou ajouter des couches cachées supplémentaires.

C - APPLICATION DU PERCEPTRON MULTI-COUCHES DANS L'ESTIMATION DE L'ÂGE AU DECES SUR LA SYMPHYSE PUBIENNE ET LA SURFACE SACRO-PELVIENNE ILIAQUE

Nous cherchons à établir un système de prédiction entre des caractères morphologiques et des classes d'âge, il s'agit donc d'un problème de **classification** que l'on peut traiter au moyen de réseaux de neurones. Comme nous l'avons vu, cette méthode requiert une certaine expérience, c'est la raison pour laquelle nous avons collaboré avec M.M. Corsini du Laboratoire de Sciences Cognitives de l'Université Victor Segalen.

C1 - ELABORATION D'UN RESEAU DE NEURONES ADAPTE AUX DONNEES

a) les données

Dans le cadre de cette expérience, nous utilisons la matrice de données élaborées pour l'approche bayésienne (chapitre V) dans laquelle la symphyse pubienne et surface sacro-pelvienne iliaque sont combinées. Nous justifions ce choix pour les raisons suivantes :

- un perceptron multi-couches nécessite un échantillon important, l'effectif des matrices des quatrièmes côtes ou combinant les quatrièmes côtes à d'autres indicateurs n'est pas suffisant,
- l'étude réalisée avec l'approche bayésienne montre que la combinaison de la symphyse pubienne et de la surface sacro-pelvienne iliaque donne de bons résultats.

L'échantillon de départ était composé de 677 spécimens dont 46 possèdent des valeurs manquantes, qui ont été retirés de l'étude. Nous avons donc utilisé 631 spécimens.

Tableau VI.1: effectif par échantillons

échantillons	homme	femme
Portugal	64	73
Angleterre	79	95
Suisse	27	19
Espagne	33	34
Etats Unis (orig eur)	41	44
Etats Unis (orig afri)	83	85

Tableau VI.2 :effectif par classes

classe d'âge	effectif
20-29	89
30-39	86
40-49	101
50-59	112
>60	243
total	631

b) le codage des données

Avant de fabriquer et d'utiliser un perceptron multi-couches, il faut coder les informations brutes, que ce soit le score des observations ou les classes d'âge. Nous avons testé 3 systèmes de codage:

- le codage par **catégorie** : une valeur pour chaque dimension, 1 parmi n,
- le codage **binaire** : on assigne arbitrairement à chaque valeur possible par numéro d'ordre que l'on transcrit en format binaire,
- le codage **gray** : dans ce système, on considère que les informations proches ont un codage proche.

Toutes les informations, c'est à dire les caractères morphologiques et les classes d'âge doivent subir ce codage. Prenons, à titre d'exemple, celui des classes d'âge :

Tableau VI 3 : codage des classes d'âge selon les 3 codages possibles

Classe d'âge	catégorie	binaire	gray
20-29	0 1 0 0 0 0	0 0 1	0 0 1
30-39	0 0 1 0 0 0	0 1 0	0 1 1
40-49	0 0 0 1 0 0	0 1 1	0 1 0
50-59	0 0 0 0 1 0	1 0 0	1 1 0
> 60	0 0 0 0 0 1	1 0 1	1 1 1

c) paramètre du réseau

La taille de la couche d'entrée dépend de la stratégie de codage sélectionnée. Le perceptron possède une couche cachée composée de 9 neurones cachés et un neurone de sortie. Il a été entraîné sur 15 000 itérations avec un taux d'apprentissage ($\eta=0.25$) et un terme d'inertie de ($\alpha=0.8$).

d) deux stratégies d'apprentissage : avec ou sans échantillon de contrôle

Pour éviter le sur-apprentissage, nous avons montré qu'il faut un échantillon de contrôle qui n'intervienne pas dans l'apprentissage. Nous avons opté pour deux méthodes d'apprentissage :

- le perceptron a été entraîné avec tous les couples des données sans échantillon de contrôle,
- l'échantillon a été divisé de façon aléatoire en échantillon d'apprentissage et en échantillon de contrôle (315 et 316 couples d'informations respectivement).

Synthèse

Le réseau de neurones a été construit :

- avec deux stratégies d'apprentissage différentes, avec ou sans échantillon de contrôle,
- selon 3 codages différents,
- et avec deux traitements différents de l'erreur.

C2 - RESULTATS

a) première simulation : les classes d'âge en sortie

La première expérience a consisté à utiliser les classes d'âge comme sortie désirée. Quel que soit le système de codage utilisé, nous avons été confrontés à un problème pour décoder les sorties proposées. Avec le codage en catégorie, nous obtenons des résultats du type 0.8 0.1 0.1. Nous avons deux possibilités, soit nous traitons l'information par seuil, soit par probabilité. Nous considérons que 0.8 est proche de 1 et que 0.1 est proche de 0, le résultat est donc 1 0 0. Si nous traitons la sortie en terme de probabilités, la probabilité que la classe soit 1 0 0, est de 0.8, que la classe soit 0 1 0 est de 0.1

Si le codage est binaire, le calcul des probabilités diffère. Il y a la probabilité que la cellule i soit active, p_i , et la probabilité que la cellule soit inactive, $1-p_i$. Pour une sortie de la forme ayant pour valeur, 0.8 0.2, la probabilité que la classe soit :

- 1 0 est de $0.64 = 0.8 * (1-0.2)$,
- 1 1 est de $0.16 = 0.8 * 0.2$,
- 0 1 est de $0.04 = (1-0.8) * 0.2$,
- 0 0 est de $0.16 = (1-0.8) * (1-0.2)$.

Pour une majorité de spécimens, nous avons obtenu des sorties du type 0.5 0.6, il est donc dans ce cas impossible de calculer des probabilités puisque la somme n'est pas égale à 1.

b) deuxième simulation : âge réel en sortie

Cette fois, la sortie désirée n'est plus une classe d'âge, mais l'âge en valeur continue. De cette façon, le réseau donne une réponse sous forme d'âge estimé, il n'est pas nécessaire de décoder l'information. Pour retrouver le système de classification, l'âge estimé est ensuite attribué à la classe d'âge à laquelle il appartient.

Les erreurs inhérentes à chaque système de codage

Comme nous le voyons sur les figures VI.6, VI.7 et VI.8, ce sont les systèmes pour lesquels l'erreur est calculée par le système Batch qui montre le moins de différences entre l'échantillon de contrôle et l'échantillon de l'apprentissage.

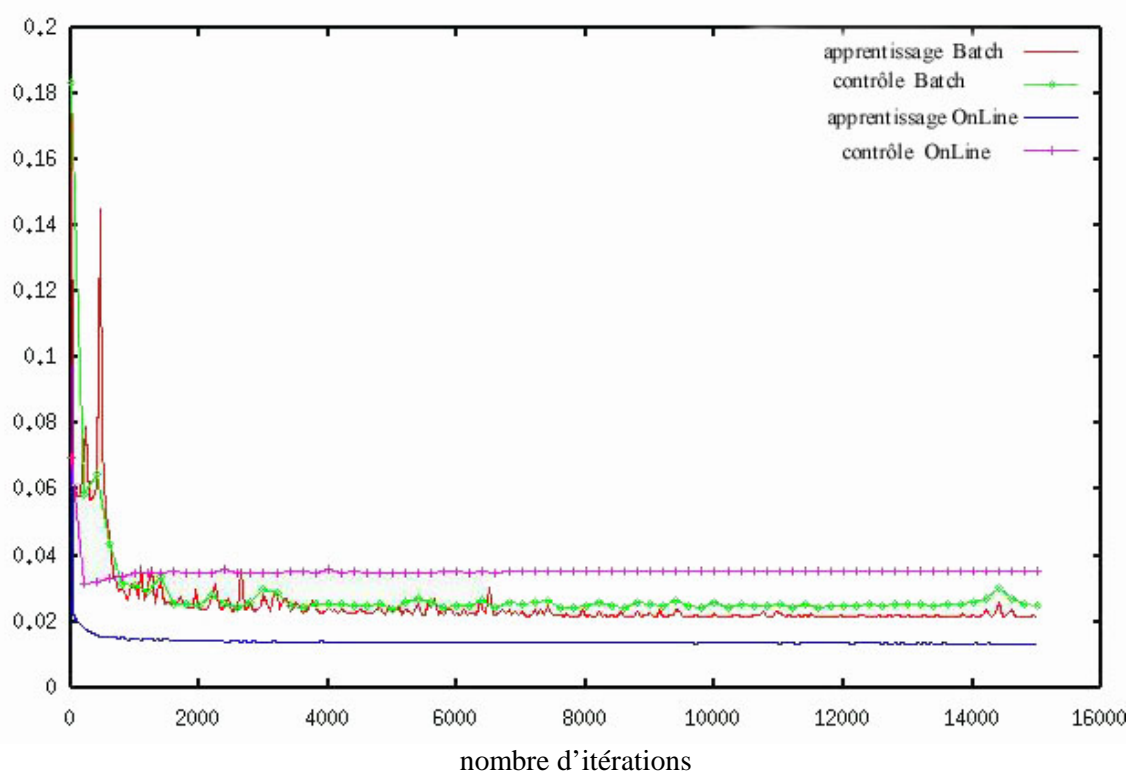


Figure VI.6 : graphique représentant l'erreur selon le codage par catégorie

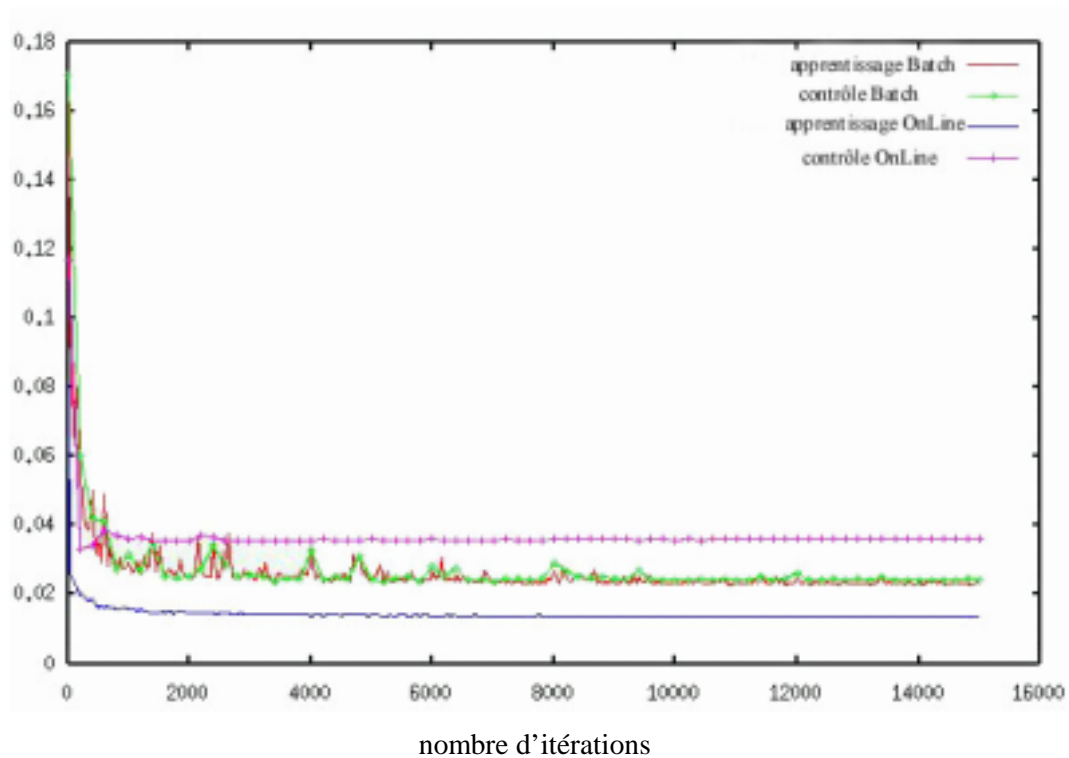


Figure VI.7 : graphique représentant l'erreur selon le codage binaire

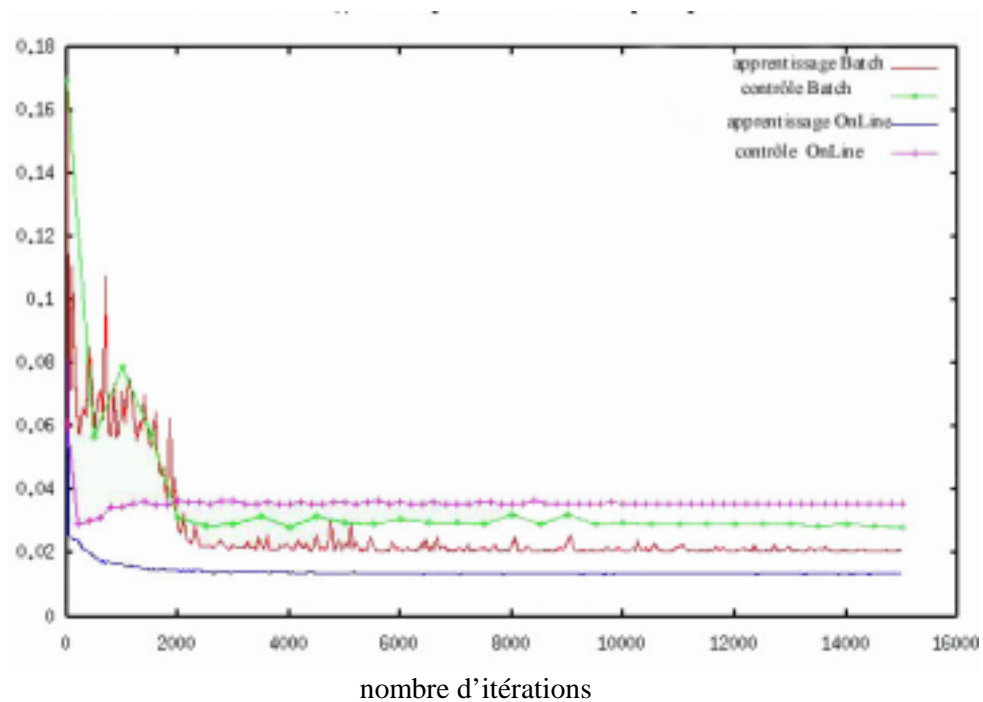


Figure VI.8 : graphique représentant l'erreur selon le codage gray

L'erreur (MSE = mean square error) est de .02 +/- .003 pour l'échantillon d'apprentissage et .04 +/- .005 pour l'échantillon de contrôle. Il faut garder en mémoire que la fonction que nous utilisons ramène les âges dans un intervalle de 0-1. L'erreur est donc calculée dans cet intervalle. La valeur moyenne cible est de l'ordre de 0.5, l'erreur réelle n'est pas de 2% mais de 4 % pour l'échantillon d'apprentissage et de 8 % pour l'échantillon de contrôle.

Résultat de la classification

Les résultats sont donnés sous forme de matrice de confusion avec l'indication des taux globaux, des taux *a priori* et des taux *a posteriori*.

Les matrices de confusion sont présentées dans l'annexe 3 (tableau AVI.1 à AVI.6). Seuls les taux sont présentés ici. Ces taux nous ont permis de savoir quel système de codage et quel système de gestion de l'erreur sont les plus appropriés.

Nous avons surtout analysé les résultats de l'échantillon de contrôle.

Tableau VI 4: taux global sur l'échantillon de contrôle

stratégie d'apprentissage	stratégie de codage		
	catégorie	binaire	gray
Batch	46	43	42
OnLine	40	43	46

Si l'on regarde les taux globaux sur l'échantillon de contrôle (tableau VI4), l'apprentissage Batch est meilleur que l'apprentissage OnLine et le codage binaire donne le plus mauvais résultat. Mais cette tendance s'inverse si on considère l'échantillon d'apprentissage complet (tableau VI.5).

Tableau VI 5: taux global sur l'échantillon d'apprentissage total

stratégie d'apprentissage	stratégie de codage		
	catégorie	binaire	gray
Batch	48	45	45
OnLine	55	54	56

Si on regarde les taux *a priori* et *a posteriori* (tableaux VI 6 et 7), on obtient une image complètement différente du réseau. L'apprentissage Batch n'identifie pas de façon satisfaisante les individus jeunes mais est performant pour les plus de 60 ans. Le mode On

Line a de bonnes performances pour les classes extrêmes mais pas pour les classes intermédiaires. Les taux *a posteriori* reflètent les mêmes tendances.

Le codage gray est plus performant pour les catégories extrêmes que les autres codages. Cela est surprenant car il n'y a pas d'ordre pour les valeurs et il diffère du codage binaire uniquement pour les caractères possédant plus de 2 modalités.

Tableau VI 6 : taux a priori sur l'échantillon de contrôle

stratégie d'apprentissage	codage	20-29	30-39	40-49	50-59	>60
Batch	catégorie	42	23	34	38	64
OnLine	catégorie	47	31	27	29	52
Batch	binaire	36	16	39	49	53
OnLine	binaire	50	28	28	21	62
Batch	gray	0	40	32	29	67
OnLine	gray	52	14	37	18	72

Tableau VI 7 : taux a posteriori sur l'échantillon de contrôle

stratégie d'apprentissage	codage	20-29	30-39	40-49	50-59	>60
Batch	catégorie	90	29	25	25	74
OnLine	catégorie	72	31	24	19	62
Batch	binaire	80	25	23	29	77
OnLine	binaire	59	32	25	20	60
Batch	gray	0	29	24	27	66
OnLine	gray	61	26	28	19	64

Comme les taux globaux sont faibles : quel que soit le système de codage, il y a 50% d'erreurs, à cause d'une mauvaise classification des classes intermédiaires, nous avons fait une tentative en regroupant des classes d'âge.

Résultat en groupant les classes intermédiaires : 20-29 ; 30-59, >60

Tableau VI 8 : taux global sur échantillon de contrôle sur 3 classes d'âge

stratégie d'apprentissage	stratégie de codage		
	catégorie	binaire	gray
Batch	67	67	59
OnLine	58	62	63

Tableau VI 9: taux a priori sur l'échantillon de contrôle sur 3 classes d'âge

stratégie d'apprentissage	codage	20-29	30-59	>60
Batch	catégorie	41	77	66
OnLine	catégorie	47	66	54
Batch	binaire	43	81	61
OnLine	binaire	54	55	71
Batch	gray	0	68	72
OnLine	gray	55	58	71

Tableau VI 10: taux a posteriori sur l'échantillon de contrôle sur 3 classes d'âge

stratégie d'apprentissage	codage	20-29	30-59	>60
Batch	catégorie	83	61	74
OnLine	catégorie	63	55	63
Batch	binaire	83	60	77
OnLine	binaire	58	59	65
Batch	gray	0	54	66
OnLine	gray	62	60	66

Si l'on compare les taux globaux selon le système de codage (tableaux VI 8), c'est le codage binaire qui donne la meilleure performance avec le système Batch. Les tableaux VI 9 et VI 10 montrent les taux a priori et a posteriori. Selon le codage binaire en mode Batch, il y a 83 % de bonnes classifications dans la classe 20-29, 60% dans la classe 32-59 et 77% dans la catégorie «>60».

C3 - CONCLUSION

L'expérience que nous avons menée montre que la fabrication d'un réseau de neurones est un ajustement de nombreux paramètres sur lesquels nous pouvons encore travailler. Cependant, cette première étape de l'utilisation des réseaux de neurones artificiels pour estimer l'âge au décès des adultes, donne des résultats intéressants. Nous avons montré que la simulation avec une classe d'âge en sortie désirée s'est avérée inappropriée, et que le choix de l'âge réel en sortie est beaucoup plus pertinent. Les classes intermédiaires sont très mal discriminées, il faut procéder à un regroupement de ces classes pour obtenir une classification acceptable. Toutefois, la reconnaissance des classes extrêmes, c'est à dire, les individus jeunes et les individus les plus âgés s'avère performante.

CHAPITRE VII - DISCUSSION

A - L'EFFET DE L'ÂGE ET DU SEXE SUR LES INDICATEURS UTILISÉS

A1 - DIFFÉRENCES SEXUELLES

a) la symphyse pubienne

Depuis l'utilisation de la symphyse pubienne comme indicateur de l'âge au décès des adultes, des standards différents pour chaque sexe sont recommandés ce qui complique son utilisation. En effet, chez la femme, il y a une plus forte variabilité morphologique (Suchey *et al.*, 1979, 1981 ; Snow, 1983 ; Jackes, 1985 ; Meindl *et al.*, 1985 ; Klepinger *et al.*, 1992) et un vieillissement osseux plus rapide que chez l'homme (Brooks, 1955 ; McKern et Stewart 1957, Stewart, 1957 ; Gilbert et Mc Kern 1973 ; Santos, 1996). Mais ce sont uniquement les âges moyens et les intervalles de confiance des phases morphologiques qui diffèrent selon le sexe. Les caractères morphologiques n'en sont pas moins similaires. Dans la méthode Suchey-Brooks, les limites inférieures de variation pour chaque phase sont identiques pour les deux sexes ; les limites supérieures, en revanche, sont plus élevées chez les femmes.

Dans notre étude, nous n'avons pas confirmé l'existence de différences sexuelles pour les caractères observés. Étant donné que deux d'entre eux sont des processus de maturation osseuse de la symphyse pubienne, ce résultat n'est pas surprenant. En effet, l'étude de Garmus (1993) a aussi montré qu'il n'y a pas de différence entre sexes pour la face de la symphyse si on exclue l'observation des exostoses (donc des phénomènes dégénératifs). Il n'est donc pas nécessaire d'évaluer les changements de la morphologie de la symphyse pubienne selon le sexe. Il s'agit d'une avancée significative au niveau méthodologique, démontrant la pertinence de la modification des caractères.

b) la surface sacro-pelvienne iliaque

De nombreuses études (Ali et Mc Laughlin, 1991 ; Mittler et Sheridan, 1992 ; Bruzek *et al.*, 1996) signalent que selon le sexe, il y a des tendances différentes dans la forme et la taille de la surface articulaire sacro-pelvienne iliaque, particularités qui peuvent influencer la dégénérescence de l'articulation. La croissance différentielle, entre sexes, du bassin à l'adolescence peut impliquer des différences morphologiques des surfaces articulaires (Hoyme, 1984). L'ossification de l'élément costal des vertèbres sacrées S1 et S2, qui donne naissance à la facette auriculaire sur les deux faces du sacrum, se poursuit dans l'adolescence tardive et est plus précoce chez les filles que les garçons (Bollow *et al.*, 1997).

Comme pour la symphyse pubienne, les hormones de grossesse vont influencer la laxité des ligaments articulaires, et augmenter la mobilité (Sashin, 1930, Borel et Fernström, 1957). Chez les femmes multipares, l'espace sacro-iliaque est asymétrique entre la droite et la gauche ; la sclérose subchondrale est également fréquente, ce qui est rare chez les hommes ou les femmes nullipares (Faflia *et al.*, 1998). Les capacités mobiles de l'articulation sacro-iliaque sont différentes entre hommes et femmes. Les surfaces articulaires sont plus plates et moins congruentes chez la femme (Wellinger, 1987 ; Bookhout et Boissonnault, 1996). Comme le centre de gravité au dessus de l'articulation sacro-iliaque chez l'homme est en position plus ventrale, la contrainte mécanique pour établir l'équilibre est forte. Le développement de rides et de dépressions sur les surfaces articulaires iliaques et sacrales permettent une plus grande stabilité (Vleeming *et al.*, 1990). L'immobilité est presque constante chez l'homme à partir de la 4ème décennie, alors qu'elle apparaît, chez la femme, une décennie plus tard (Sashin, 1930).

Les résultats de notre étude, aucune différence sexuelle des caractères de la surface sacro-pelvienne iliaque, corroborent les précédentes études sur cette articulation (Lovejoy *et al.*, 1985b ; Murray et Murray, 1991). Cependant, des différences entre sexes de la modification de l'apex et de la tubérosité iliaque auraient été justifiées. En effet, la zone ligamentaire subit des contraintes différentes entre sexe. Il en est de même pour la modification de la surface dont les porosités, illustrent, en fait l'atteinte ostéoporotique, atteinte plus fréquente chez la femme après la ménopause. Mais même dans les échantillons constitués exclusivement d'individus âgés, il n'y a pas de différence notoire.

c) l'extrémité sternale de la quatrième côte

Des différences suffisamment spécifiques entre l'extrémité sternale des côtes masculines et féminines rendent obligatoire la création de standards propres à chaque sexe (Isan *et al.*, 1980 ; Isan et Loth, 1986a ; Yavuz *et al.*, 1998). Il faut, en effet, tenir compte d'une vitesse de croissance différente et de particularités morphologiques selon le sexe. Etant donné que les femmes entrent dans la puberté plus tôt que les hommes, les changements de la quatrième côte commencent plus tôt.

Des études sur la minéralisation du cartilage costal et sur l'augmentation de la production osseuse, avec l'âge, indiquent des différences entre sexes (Stewart et Mc Cormick, 1984 ; Mc Cormick et Stewart, 1988 ; Rao *et al.*, 1988 ; Kurihara *et al.*, 1996 ; Inoi, 1997). La calcification du cartilage costal est une tendance masculine (McCormick, 1980 ; Teale,

1989) ; elle se produit sur les parois du cartilage, ce qui s'illustre par la formation d'exostoses s'étendant du bord supérieur au bord inférieur de la côte (Iskan *et al.*, 1984b, Iskan et Loth, 1986c). Ce modèle de projection osseuse est rare chez les femmes, la calcification commence plutôt par le centre du cartilage.

Les tests statistiques démontrent clairement qu'il y a une différence de modification de l'extrémité sternale de la quatrième côte, avec l'âge, selon le sexe. Cependant, nous devons préciser que les échantillons que nous avons observés sont relativement faibles pour le groupe féminin. Sur le plan pratique, le traitement en fonction du sexe représente une complication plutôt qu'un avantage.

A2 - LA RELATION A L'AGE

La vérification de la relation entre les classes d'âge et les caractères des indicateurs que nous avons choisi d'observer est positive. Les caractères de la symphyse pubienne et de la surface sacro-pelvienne iliaque évoluent avec l'âge. Cependant, nous avons noté que les modifications de la symphyse pubienne se terminent avant 40 ans. Ces résultats vont tout à fait dans le sens des nombreuses études effectuées sur ce site anatomique : son intérêt pour l'estimation de l'âge se limite aux classes 20-29, 30-39.

Pour étudier la dépendance entre les classes d'âge et l'évolution morphologique de l'extrémité sternal de la quatrième côte, les hommes et les femmes ont été traités comme deux groupes indépendants, puisque les différences entre sexes sont notoires. Il s'avère que son évolution dépend, en partie de l'âge, uniquement pour le sexe masculin. Or, l'évolution de cette partie anatomique est liée au remodelage osseux, phénomène dépendant du sexe comme nous l'avons souligné dans le chapitre I. Le remodelage osseux chez la femme subit, pendant la grossesse, l'allaitement et après la ménopause, des fluctuations très importantes.

D'un point de vue archéologique, l'absence de relation entre l'âge et l'évolution de l'extrémité sternale de la quatrième côte chez les femmes, signifie qu'il est nécessaire de déterminer le sexe des individus avant une éventuelle détermination de l'âge au décès. A l'heure actuelle, l'estimation du sexe des adultes est beaucoup plus performante que celle de l'âge. Les méthodes actuelles, dès lors qu'elles se basent sur la totalité de l'os coxal, permettent une fiabilité élevée des déterminations (Bruzek, 1991 ; Bone, 1993 ; Murail *et al.*, 1999).

Notre étude a montré que l'évolution des caractères que nous observons est liée en partie à l'âge, cependant, les tableaux de confusion des matrices bayésiennes (annexe V) indiquent que cette relation est modérée, ce qui implique la nécessité d'un traitement prédictif probabiliste.

B - LE TRAITEMENT DES DONNEES

B1 - COMMENTAIRE SUR LA DISTRIBUTION PAR AGE DE L'ECHANTILLON DE REFERENCE

Un des atouts de l'approche bayésienne est l'utilisation de probabilités *a priori*. La première application de l'approche bayésienne pour estimer l'âge au décès individuel d'individus adultes a été faite sur des indicateurs dentaires (Lucy *et al.*, 1996). La distribution par âge de l'échantillon de référence, dans ce travail, correspond à l'effectif des dents observées par Johanson (1971), sur lesquelles se basent l'étude.

Une étude sur la mortalité des adultes d'une population archéologique (Chamberlain, 2000) utilise l'approche bayésienne et compare les résultats obtenus avec trois types différents de distribution par âge, de l'échantillon de référence : uniforme, selon des tables de mortalité et selon les populations de référence sur lesquelles se basent les méthodes employées. Les résultats de l'estimation de la distribution par âge de la série archéologique sont différents selon la distribution par âge de l'échantillon de référence, ce qui démontre bel et bien le réel intérêt du choix de l'*a priori*. Avec une distribution par âge de l'échantillon de référence, selon des tables de mortalité, les résultats obtenus sont proches des courbes de mortalité naturelle. La collection archéologique des adultes datant des 18^{ème}/19^{ème} siècles, des registres paroissiaux permettent de vérifier le type de mortalité de l'époque. L'utilisation d'une distribution par âge selon des tables de mortalité donne des résultats plus proches des registres que la distribution uniforme.

Dans notre cas, une distribution par âge des échantillons de référence conforme à une espérance de vie à la naissance de 30 ans, permet de reconnaître les individus de plus de 60 ans. Nous avons remarqué que l'échantillon de référence des combinaisons SSPI-CO⁴ (surface sacro-pelvienne iliaque et extrémité sternale de la quatrième côte), SSPI-SPU-CO⁴ (surface sacro-pelvienne iliaque, extrémité sternale de la quatrième côte et symphyse pubienne), selon une distribution par âge uniforme permet d'identifier les plus spécimens de la classe « > 60 ». Mais l'effectif reconnu est limité.

En plus d'une meilleure reconnaissance des spécimens âgés, le choix d'une distribution par âge selon une espérance de vie à la naissance de 30 ans permet également une meilleure performance dans le classement des spécimens qui appartiennent aux classes intermédiaires (30-39 et 40-49).

B2 - LA METHODE MULTI-CRITERES : UN LEURRE

Le consensus veut que plus on ajoute d'indicateurs, plus l'estimation de l'âge au décès des adultes est précise et fiable. Notre étude démontre qu'il n'en est rien. L'application de la surface sacro-pelvienne iliaque combinée avec l'extrémité sternale de la quatrième côte et/ou la symphyse pubienne donne des résultats légèrement moins performant que la surface sacro-pelvienne iliaque, utilisée seule. La combinaison des trois indicateurs de notre étude n'est pas performante. En analysant les probabilités *a posteriori* des échantillons de référence, nous avons démontré que les distributions bi-modales sont plus nombreuses lorsque tous les indicateurs sont combinés.

L'évolution de l'extrémité sternale de la quatrième côte est différente des autres indicateurs. Cette observation corrobore les résultats de l'étude de Kemkes-Grottenthaler (1996). Elle interprète cette différence par la taphonomie : la conservation de cette partie anatomique n'étant pas très bonne, l'attribution à un stade morphologique serait biaisée. Notre analyse aurait plutôt tendance à prouver qu'il s'agit d'une évolution morphologique différentielle par rapport aux autres indicateurs.

La combinaison de plusieurs indicateurs pour estimer un âge plus fiable et plus précis des individus adultes n'est donc plus une affirmation évidente. La relation des indicateurs entre eux n'est pas suffisamment connue (Jackes, 2000).

B3 - L'INDICATEUR LE PLUS PERFORMANT : LA SURFACE SACRO-PELVIENNE ILIAQUE

De tous les indicateurs et des combinaisons d'indicateurs, la surface sacro-pelvienne iliaque utilisée seule permet d'obtenir les meilleures performances. Nous l'avons vu dans le chapitre I, cette articulation est très particulière. La nature et la minceur du cartilage côté iliaque induit une dégénérescence précoce, augmentée par les pressions mécaniques exercées sur l'articulation. Les observations que nous proposons dans notre système de cotation sont des atteintes dégénératives. Mais ces atteintes sont très mal connues et méritent d'être discutées.

a) les atteintes dégénératives de la sacro-iliaque : une « arthrose » particulière ?

Des articulations du squelette, l'arthrose de la sacro-iliaque est la moins connue (Aeschlimann et Kahn, 1992). Des critères précis tels qu'ils sont proposés pour la coxarthrose, par exemple, font défaut pour ce site anatomique. Pourtant, les trois caractères diagnostics de l'arthrose sacro-iliaque correspondent aux définitions proposées par Lagier (1987) pour les articulations synoviales.

- l'arthrose sacro-iliaque s'observe tout d'abord au niveau du cartilage : fibrillation, pincement de l'espace articulaire, érosion et dénudation du cartilage (Cassidy, 1992),
- l'ostéosclérose, expression d'une activité ostéoblastique, visible uniquement sur des radiologies, entre dans le diagnostic de l'arthrose sacro-iliaque (Resnick *et al.*, 1977 ; Bowen et Cassidy, 1981 ; Aeschlimann et Kahn, 1992 ; Dihlmann et Hering, 1998),
- les atteintes dégénératives sur l'os sont des ostéophytes qui se développent aux zones d'insertion capsulo-ligamentaires. Ils sont fréquents surtout à la limite antéro-supérieure et antéro-inférieure (Resnick *et al.*, 1977).

Les atteintes dégénératives de l'articulation sacro-iliaque au niveau du cartilage sont considérées comme des changements physiologiques et non pathologiques (Kampen et Tillman, 1998). Ce concept vient du fait que les changements sont précoces et qu'ils provoquent des syndromes cliniques rares. La sclérose subchondrale de la surface articulaire iliaque est aussi considérée comme un phénomène courant avec l'âge (Vogler *et al.*, 1984) et quasiment systématique après 50 ans (Resnick *et al.*, 1977). Les atteintes dégénératives de l'articulation sacro-iliaque sont donc des phénomènes courants qui augmentent avec l'âge (Bowen et Cassidy, 1981 ; Jajic et Jajic, 1987 ; Maugars *et al.*, 1992) de façon systématique.

b) pathologie et fusion de la sacro-iliaque

Outre les phénomènes dégénératifs, étant donné que la surface sacro-pelvienne iliaque a une valeur importante comme indicateur pour l'estimation de l'âge au décès des adultes, il apparaît nécessaire de faire le point sur les pathologies qui l'affectent et de discuter de leur éventuel intérêt dans l'étude de l'âge au décès.

La sacro-iliite

La pathologie la plus souvent rencontrée est la sacro-iliite (Murphey *et al.*, 1991). Il s'agit d'une synovite doublée d'une enthésopathie inflammatoire. L'inflammation du tissu osseux peut conduire à une ossification enchondrale (Wybier *et al.*, 1994) et induire une ankylose intra-articulaire (Resnick et Niwayama, 1988). La sacro-iliite symétrique et bilatérale est considérée comme valeur diagnostic de la spondylarthrite ankylosante, mais la raison pour laquelle l'articulation est impliquée dans cette maladie est inconnue (Bellany *et al.*, 1982).

Les figures VII.1A et B illustrent ce que nous diagnostiquons comme sacro-iliite.

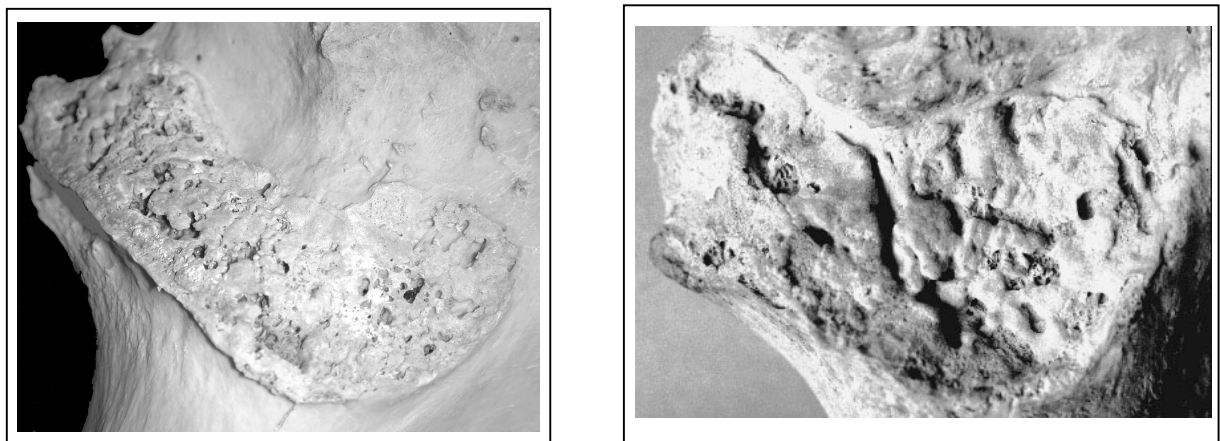


Figure VII. 1 A et B : surfaces articulaires iliaques présentant une sacro-iliite

Nous avons recensé le nombre de surfaces sacro-pelvienne iliaques atteintes de sacro-iliite dans nos échantillon (tableau VII.1). Notre objectif est juste de donner un ordre d'idée de l'effectif de squelettes présentant cette particularité dans notre étude.

*Tableau VII.1 : effectif des individus atteints de sacro-iliite
selon le sexe et l'échantillon*

Collections	Femme	n (femme)	Homme	n (homme)
Portugal	1	69	1	64
Espagne	13	51	4	36
Angleterre	3	84	2	92
Suisse	4	41	7	92
Etats-Unis (échantillon afro-américain)	5	34	8	43
Etats-Unis (échantillon d'origine européenne)	3	60	2	62

Cette inflammation touche autant les hommes que les femmes, la collection espagnole étant surtout constituée de femmes, l'effectif élevé n'est pas surprenant. Un test p de Fisher a montré qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre sexe.

L'annexe VII.1 recense les individus concernés. La sacro-iliite apparaît dans la majorité des cas après 50 ans, sauf pour l'individu 67 de l'échantillon de Coimbra qui n'a que 21 ans, l'individu CDB 1H de l'échantillon suisse qui en a 19 ans, et les individus 1063 et 1880 de l'échantillon Hamann-Todd qui ont 38 ans.

Les ankyloses para-articulaires

Les fusions para-articulaires (figure VII.2) de l'articulation sacro-iliaque sont fréquentes. Il faut faire la différence entre l'ankylose intra-articulaire et celle induite par l'ossification de la capsule osseuse ou du ligament juxta-articulaire. Ces fusions para-articulaires dues à la fusion de ponts osseux peuvent être liées à la maladie hyperostotique¹ (Arlet et Mazières, 1985). La fréquence de cette maladie augmente avec l'âge. Des enthésopathies se développent aux sites d'attachements des ligaments et des tendons du squelette axial et périphérique (Lussier et de Médécis, 1991).

L'ankylose para-articulaire de la sacro-iliaque a une prévalence masculine (Brooke, 1924 ; Sashin, 1930 ; Brigode *et al.*, 1982 ; Stewart, 1984 ; Brunner *et al.*, 1991 ; Guermazi, 1997).

¹ Elle est aussi connue sous le nom de DISH en anglais : Diffuse Idiopathic Skeletal Hyperostosis. La fusion para-articulaire de la sacro-iliaque est courant dans maladie hyperostotique (Brigode *et al.*, 1982 ; Waldron et Rogers, 1990). Cependant, les changements observés pour l'articulation sacro-iliaque dans la maladie hyperostotique ne sont pas toujours faciles à différencier de ceux provoqués par la spondylarthrite ankylosante (Maertens *et al.*, 1992). Dans les deux cas, il peut y avoir des anomalies articulaires, telle qu'une fusion partielle intra-articulaire et des ostéophytes formant ou non de véritables ponts osseux (Durbach *et al.*, 1988). L'ossification intra-articulaire n'est donc pas un critère d'exclusion de la maladie hyperostotique (Lussier et de Médécis, 1991).

Cette tendance serait liée à l'absence de mobilité de cette articulation chez l'homme² (Sashin, 1930 ; Hoyme, 1984). Selon le sexe, les articulations sacro-iliaques n'ont ni la même fonction ni la même mobilité (Brooke, 1924). Les ostéophytes se développent dans deux zones différentes selon le sexe. Chez les hommes, ils se développent dans la partie supérieure de l'articulation dans la ligne de transmission du squelette axial, ce qui joue en faveur de la stabilité. Chez les femmes, les ostéophytes se développent sur le bord antéro-inférieur, zone qui reflète les mouvements associés à l'organisation fonctionnelle du bassin féminin (Stewart, 1984).



Figure VII.2 : fusion para-articulaire entre le sacrum et le coxal gauche

Le tableau VII.2 indique que dans les échantillons que nous avons étudiés, la fusion atteint surtout les hommes. Cependant, les résultats du test de Fisher donne un résultat significatif uniquement pour l'échantillon espagnol. On peut, cependant, noter, une tendance masculine. Ces fusions apparaissent au delà de 50 ans dans tous les échantillons même ceux dont la distribution par classe d'âge est homogène.

² Cette absence de mobilité ne serait pas pathologique mais fonctionnelle (Vleeming *et al.*, 1989).

*Tableau VII.2 : effectif des individus atteints de fusion para-articulaires
selon le sexe et l'origine des échantillons*

Collections	Femme	N (femme)	Homme	N (homme)
Portugal	1	69	4	64
Espagne	1	51	6	36
Angleterre	3	84	5	92
Suisse	1	41	12	92
Etats-Unis (échantillon afro-américain)	0	34	4	43
Etats-Unis (échantillon d'origine européenne)	1	60	3	62

c) utilité de la tubérosité iliaque

La tubérosité iliaque subit un remaniement osseux avec l'âge. La fréquence des formations osseuses et des enthèses ont tendance à augmenter. Celles-ci sont certainement dues à l'action concomitante de processus micro-traumatiques et dégénératifs en rapport avec le vieillissement (Crubézy, 1988). Les remaniements osseux de la tubérosité iliaque peuvent être liés à la maladie hyperostotique ou à la spondylarthrite ankylosante. Si cette dernière est diagnostiquée, l'âge de l'individu n'est pas estimé. Cependant, si l'individu est atteint de la maladie hyperostotique sans fusion para-articulaire de l'articulation sacro-iliaque, l'âge pourra être estimé. La maladie hyperostotique est liée à l'âge, il n'y a donc aucune raison de ne pas considérer l'évolution de la tubérosité iliaque comme informative.

D'après notre étude, nous avons démontré que l'observation des modifications de la tubérosité iliaque augmente les performances de la classification lorsque nous optons pour un classement en regroupant les classes intermédiaires. Cependant, lorsque nous avons analysé la distribution des probabilités, les performances avec la tubérosité iliaque étaient moins intéressantes. Ce phénomène est probablement lié au fait que dans la première analyse, nous cherchions à savoir si les classes d'âge décennales auxquels appartiennent les spécimens étaient incluses dans les intervalles chronologiques, estimées par les probabilités. L'effectif des concordances est meilleur sans la tubérosité iliaque, mais il y a davantage de spécimens indéterminés (pour atteindre une probabilité de 0.8, il faut un intervalle chronologique de plus de 30 ans). Dans la deuxième approche, nous avons regroupé les classes d'âge décennales intermédiaires pour classer les spécimens selon leur âge réel et pour estimer l'âge selon les probabilités. Le degré de concordance montre que la tubérosité iliaque devient un caractère intéressant pour le classement des sujets dans de larges intervalles chronologiques.

d) reproductibilité du système de cotation

Cet indicateur étant le plus prometteur, il est nécessaire d'étudier la reproductibilité du système de cotation. Trois observateurs ont effectués des tests sur des os coxaux provenant d'une série archéologique. Les cotations de l'observateur A, qui a élaboré le système de cotation, sert de référence. Nous avons étudié la concordance entre ses cotations et celles des observateurs B et C. Le tableau VII.3 montre les résultats obtenus.

Tableau VII.3 : concordance des cotations en pourcentage des caractères de la surface sacro-pelvienne iliaque entre 3 observateurs

	Observateur A/B	Observateur A/C
SSPIA	80%	80%
SSPIB	84%	72%
SSPIC	83%	72,5%
SSPID	74%	69%

Les pourcentages de concordance entre les observateurs A et B sont plus élevés qu'entre les observateurs A et C. Il y a, environ 20% des scores qui ne concordent pas. Les cotations qui diffèrent entre observateurs concernent les scores adjacents. La cotation de SSPID (modification de la tubérosité iliaque) donne le pourcentage le plus faible. Malgré l'effort effectué pour simplifier le système de cotation de cet indicateur, nous devons souligner qu'il y a encore des problèmes de signification et/ou d'illustrations des scores. Le recours à une série de moulages, comme il a été proposé pour la méthode Suchey-Brooks sur la symphyse pubienne permettrait, sans doute, d'améliorer la lecture des stades morphologiques.

e) conclusion

La surface sacro-pelvienne iliaque est un indicateur de l'âge au décès crucial. Son utilisation dans l'estimation de l'âge au décès doit donc se développer. Ce n'était pas le cas jusqu'à aujourd'hui, car le système proposé par Lovejoy *et al.* (1985b) est beaucoup trop complexe et l'utilisation de classe étroite n'est pas un traitement des observations approprié à la variabilité de la sénescence. La méthode initiale induisait une sous-estimation systématique des individus de plus de 40 ans. Notre nouveau système de score avec le traitement bayésien permet d'éviter ce biais et augmente considérablement la concordance entre observateurs.

De plus, la fusion para-articulaire de l'articulation sacro-iliaque donne une information sur l'âge. D'après nos observations, ce phénomène intervient toujours après 50 ans. Cependant, il est prudent de diagnostiquer les éventuelles maladies liées à cette fusion. S'il est clair que la fusion est liée à une spondylarthrite ankylosante, l'âge au décès n'est pas estimable.

C - APPORT DE NOTRE RECHERCHE AUX ETUDES PALEOBIOLOGIQUES

Nous avons établi dans les deux premiers chapitres de ce travail que la sénescence des organismes est un processus extrêmement variable et que la modification des indicateurs osseux avec l'âge chronologique, si elle est attestée n'en est pas moins faible. Il s'est avéré alors pertinent de rechercher plutôt le moyen de classer les individus dans des classes d'âge avec le plus de fiabilité possible, au détriment d'une précision tout à fait utopique. Les résultats que nous avons obtenus avec deux traitements des données différents (approche bayésienne et réseaux de neurones) indiquent que la performance est meilleure pour les classes extrêmes, que la reconnaissance des classes intermédiaires nécessite un regroupement des classes et que la surface sacro-pelvienne iliaque permet d'atteindre une fiabilité de plus de 80%.

C1 - RECONNAISSANCE DES CLASSES EXTREMES ET REGROUPEMENT DES CLASSES INTERMEDIAIRES

Les études réalisées avec le traitement bayésien et les réseaux de neurones artificiels montrent que la classification des individus n'est pas aussi performante pour toutes les classes d'âge. Cet élément avait été souligné par Buikstra et Konisberg (1985). Il semble que l'on peut découper l'évolution des indicateurs osseux en 3 phases : une phase jeune et une phase avancée, qui sont identifiables avec un taux d'erreur faible, et une phase intermédiaire. Cette phase intermédiaire pose un problème majeur, non seulement elle est présente sur une fourchette chronologique de 30 ans, mais c'est un stade évolutif qui peut être présent chez quelques sujets jeunes et âgés. Cependant, nous avons également noté que pour chaque combinaison, les individus indéterminés et mal classés sont en majorité ceux appartenant à cette phase intermédiaire.

Les réseaux de neurones, outil tout à fait différent de l'approche bayésienne indiquent aussi que pour augmenter la performance de la classification, le regroupement des classes 30-39, 40-49 et 50-59 est nécessaire. Il s'agit donc bel et bien d'un biais biologique, induit

directement par la variabilité de l'évolution des indicateurs osseux avec l'âge et non d'un biais méthodologique.

La reconnaissance de la classe 20-29 est importante. Les individus appartenant à cette classe sont à la charnière entre la fin de la maturation et le début de la sénescence osseuse. Les derniers processus de maturation, fusion de la crête iliaque à l'*ilium* et fusion de l'extrémité sternale de la clavicule sont informatifs surtout pour ceux dont la maturation n'est pas achevée. Mais l'état définitif s'avère le plus souvent précoce. L'extrémité sternale de la clavicule peut être en cours de fusion jusqu'à 30 ans, mais elle peut être soudée dès 21 ou 22 ans (Flecker, 1933 ; Jit et Kulkarni, 1976 ; Szilvassy, 1980 ; Owing-Webb et Suchey, 1985 ; Black et Scheuer, 1996 ; Kreitner *et al.*, 1998). Ces individus appartiennent-ils encore à la classe 20-29 ou ont-ils plus de 30 ans ?

L'intérêt primordial de notre étude est la reconnaissance des individus de plus de 60 ans avec la surface sacro-pelvienne iliaque et l'extrémité sternale de la quatrième côte. Auparavant, la tendance des méthodes à sous-estimer (voire à ne pas reconnaître du tout) l'effectif de cette tranche d'âge, conduisait à des interprétations erronées sur la mortalité des populations du passé. Combien de publications ont affirmé que peu ou aucun individu n'atteignait l'âge de 50 ans dans ces populations ? Il n'y a aucune raison de prétendre que la mortalité des populations archéologiques est différente du schéma de mortalité dit « archaïque »³. Les études démographiques montrent, que même en période de crise, lorsqu'on a atteint 20 ans, il est très probable d'en atteindre plus de 60 ans (Ledermann, 1969 ; Coale et Demeny, 1966).

La reconnaissance des individus âgés est un apport majeur aux études paléobiologiques, qu'il s'agisse de l'analyse du recrutement funéraire ou de l'épidémiologie.

C2 - IDENTIFICATION DES SPECIMENS DONT L'ÂGE N'EST PAS DETERMINABLE

Le traitement probabiliste permet de déceler les spécimens dont les probabilités sont distribuées de façon homogène dans toutes les classes d'âge, ce qui, même en regroupant les classes intermédiaires, ne permet pas d'obtenir le seuil de 0.8, que nous avons préalablement défini. Ces sujets sont donc considérés comme indéterminés, puisque l'on ne peut pas leur

³ Le schéma de mortalité archaïque (Masset, 1975 ; Sellier, 1989) se réfère à celui des populations pré-jénériennes, avant la révolution industrielle et les progrès médicaux (Sellier, 1996).

attribuer un intervalle chronologique intéressant. L'inconvénient de cette catégorie est qu'elle diminue le nombre d'estimations, toutefois, elle permet d'éviter de commettre des erreurs.

Les réseaux de neurones artificiels, en revanche, fonctionnant sur la base de l'âge réel, classifient tous les sujets que nous leur présentons. C'est un avantage majeur, d'autant que le taux d'erreur et la performance de ce traitement des données sont similaires à ceux obtenus pour l'approche bayésienne.

C3 - UNE FIABILITE SUPERIEURE A 80%

La fiabilité que nous obtenons avec la surface sacro-pelvienne iliaque est supérieure à 80% avec l'approche bayésienne. Prenons, à titre d'illustration, la matrice de confusion réalisée à partir de l'échantillon de référence selon le mode 1 (annexe 2, tableau 33). Sur 100 spécimens, 23 sont indéterminés dont 15 appartiennent à la classe 30-59. Onze individus sont classés dans la classe 20-29, 20 dans la classe 30-59 et 46 dans la classe des plus de 60 ans. En fait, nous sous-estimons le nombre de cas qui se situent dans la classe intermédiaire. Nous classons 8 individus de cette catégorie dans celle des « >60 ». Le pourcentage d'erreur vient de ce phénomène. Nos perspectives permettront d'étudier le phénomène de mauvaises classifications. S'agit-il d'un biais systématique ou est-ce seulement une particularité de notre échantillon ?

C4 - MAUVAISE CLASSIFICATION : UNE PISTE BIOLOGIQUE LA RELATION INVERSE ENTRE OSTÉOPOROSE ET OSTÉOARTHROSE

Les maladies telles que l'ostéoporose et l'arthrose sont très fréquentes pendant la sénescence. Elles peuvent donc influencer le remodelage osseux et la morphologie des surfaces articulaires.

Or, depuis quarante ans, une relation particulière entre l'ostéoporose et l'ostéoarthrose est soupçonnée (Uris, 1960 ; De Sèze *et al.*, 1962). En effet, les patients atteints d'arthrose sur le squelette axial et appendiculaire ont une densité osseuse supérieure, comparés aux patients qui ne sont pas sujets à l'arthrose (Jones *et al.*, 1995 ; Peel *et al.*, 1995 ; Dequeker, 1997a, 1997b ; Liu *et al.*, 1997 ; Cortet, 1998 ; Ly, 1998 ; Stewart *et al.*, 1999 ; Goker *et al.*, 2000 ; Naitou, 2000 ; Yoshimura *et al.*, 2000).

Le changement intrinsèque qui augmente la formation osseuse a un effet bénéfique sur la progression de la perte osseuse, il la ralentit (Verstraeten *et al.*, 1991 ; Dequeker *et al.*, 1993 ; Hannan *et al.*, 1993 ; Moore *et al.*, 1994).

Des études génétiques récentes montrent que l'ostéoarthrose et l'ostéoporose sont déterminés génétiquement (Dequeker *et al.*, 1987 ; Yamada *et al.*, 2000). Certains individus ont tendance à développer plus facilement des pathologies dégénératives (arthrose et enthésopathies), ils sont qualifiés de "bone formers" (Greenfield et Goldberg, 1997). L'étude des atteintes dégénératives sur une collection archéologique ancienne du Néolithique montrent qu'il est rare qu'un individu soit atteint d'arthrose sur un seul site anatomique (Brickley et Waldron, 1998). Ostéoporose et ostéoarthrose ne sont donc plus de simples maladies induites par quantité de facteurs de risque, mais elles sont aussi contrôlées génétiquement.

En ce qui concerne l'âge au décès, cette hypothèse est cruciale et elle ouvre des perspectives dans les études de l'estimation de l'âge. Si elle s'avère, cela signifie qu'en vieillissant deux groupes d'individus se distinguent : ceux qui ont tendance à développer plus facilement des pathologies dégénératives et ceux qui sont sujets à la perte osseuse. Or, l'ostéoarthrose et l'ostéoporose influencent considérablement la modification des indicateurs que nous avons étudiés, notamment la surface sacro-pelvienne iliaque (la modification de l'apex, de la tubérosité iliaque et l'augmentation des porosités avec l'âge).

Un de nos objectifs est d'étudier ce phénomène sur les squelettes. L'arthrose sur le squelette est un phénomène visible à l'œil nu, l'ostéoporose nécessite des radiographies. Lors de l'étude des prochaines séries, il serait intéressant d'observer ces tendances pathologiques et analyser leur relation avec les indicateurs osseux. L'hypothèse à tester est donc la suivante : les cotations (et donc les indicateurs) fonctionnent-elles mieux pour les individus qui ont tendance à développer des pathologies dégénératives ou pour ceux souffrant d'ostéoporose. Si cette dichotomie est confirmée, cela signifie qu'en plus de l'âge, nous pourrions maîtriser un paramètre supplémentaire qui conditionne la sénescence.

CONCLUSION

Apport méthodologique général

En amont de ce travail, nous avons détaillé un certain nombre de limites contraignant les méthodes d'estimation d'âge au décès des individus adultes. Ce travail a permis de réduire considérablement la plupart d'entre elles.

- Le nouveau système de cotation élaboré à partir d'une réflexion sur la nature biologique de chaque indicateur, a permis d'extraire l'information liée à l'âge et de proposer un système d'observation reproductible, éliminant ainsi le problème de l'erreur inter-observateurs.
- L'utilisation d'un échantillon multi-régional et multi-ethnique a permis de dégager un modèle commun d'évolution avec l'âge des caractères choisis, ce qui n'avait que très rarement été réalisé jusqu'alors. Les outils que nous proposons sont donc exempts de l'écueil classique que constitue l'influence de populations de référence spécifiques.
- Les choix des outils de traitements des données s'est révélé approprié : en effet, les performances obtenus sont bien supérieures (fiabilité du classement) aux statistiques descriptives classiques. Enfin, nous avons démontré que, dans un premier temps, il valait mieux rechercher à augmenter la fiabilité au dépens de la précision.

Apport à la paléobiologie

- L'apport majeur de notre travail est la réalisation d'un outil permettant de distinguer avec une grande fiabilité trois classes d'âge : adultes jeunes (20-30 ans), adultes d'âge moyens (30-60 ans) mais aussi une classe d'adultes décédés après 60 ans. C'est cette dernière information qui constitue à nos yeux l'avancée la plus spectaculaire. En effet, ces individus n'étaient que rarement reconnus par les approches antérieures et, dans tous les cas, leur effectif était sous-estimé. Il sera désormais possible, à partir de cette classification, de mieux analyser les différentes variables biologiques pour caractériser une population (indicateurs de stress, pathologie dégénératives, morphologie) mais aussi de mieux cerner les pratiques funéraires et l'organisation sociale.
- Pratiquement, le traitement des données par l'approche bayésienne que nous proposons est loin d'être compliqué, mais il nécessite plusieurs étapes de calcul et l'accès à une matrice de référence. Son informatisation a été nécessaire pour mener à bien ce travail. Nous réaliserons donc un logiciel pour permettre une utilisation rapide et immédiate des informations obtenues après observation. Nous procéderons au même traitement pour les réseaux de neurones. Le cadre pratique dépasse largement le but initial de notre travail.

Perspectives méthodologiques

- Il ressort clairement de notre étude que la surface sacro-pelvienne doit être l'indicateur à privilégier dans les futures recherches méthodologiques. En effet, il permet, d'une part, un classement fiable à 80 % et, d'autre part, son taux de conservation dans les séries archéologiques est meilleur que les autres indicateurs étudiés.

L'amélioration de la méthode proposée doit suivre plusieurs étapes :

- Il est souhaitable de procéder à un élargissement de l'échantillon de référence, en incluant par exemple des individus asiatiques et africains pour vérifier le comportement homogène des indicateurs. Des séries de squelette d'âge et de sexe connus existent sur ces deux continents.
- Il est nécessaire de tenir compte de l'influence de l'ostéoporose et de l'ostéoarthrose sur les indicateurs d'âge.
- Un autre problème se doit d'être résolu : le taux de conservation des indicateurs proposés dans notre approche. Il est nécessaire d'adapter une méthode d'observation directe sur le terrain dès l'apparition des indicateurs exhumés. Dans le cas où cela s'avérerait impossible, il faudrait faire en sorte que le prélèvement et le conditionnement des indicateurs soient optimisés afin de permettre une conservation optimale. La quatrième côte peut apporter des informations sur l'âge intéressante pour les hommes, si la surface sacro-pelvienne iliaque est endommagée ou manquante, mais étant un élément fragile, il faut qu'elle reçoive, dès la fouille, un traitement spécial. Dans le même ordre d'idée, nous envisageons de développer l'approche probabiliste et les réseaux de neurones artificiels sur d'autres indicateurs de façon à offrir aux utilisateurs le maximum d'indicateurs possibles selon l'état de conservation du squelette.
- Les réseaux de neurones artificiels constituent un potentiel à développer. L'objectif de notre étude était de tester l'éventuel intérêt de cet outil de prédiction de l'âge au décès. Les résultats préliminaires s'avèrent concluants. Contrairement à l'approche bayésienne, les réseaux de neurones artificiels permettent de déterminer l'âge de tous les spécimens. De plus, les résultats des matrices de confusion pour la combinaison de la symphyse pubienne et de la surface sacro-pelvienne iliaque sont du même ordre que ceux obtenus par l'outil probabiliste bayésien.

Comme nous l'avons vu dans le chapitre VI, l'élaboration et la performance d'un perceptron multi-couches dépend de paramètres nombreux et variés. Nous pouvons améliorer les performances du réseau. Des expériences peuvent être réalisées en faisant varier le taux d'apprentissage et le terme d'inertie. D'autres architectures peuvent également être développées. Nous pouvons, par exemple, modifier le nombre de couches cachées. L'apport de nouvelles données d'apprentissage (observées sur de nouvelles collections) est aussi un atout positif pour améliorer les résultats. Les réseaux de neurones artificiels possèdent donc un potentiel qui, dans le cadre de notre problématique, se doit d'être développé.

Notre travail s'inscrit donc dans une démarche préalable indispensable pour déterminer un outil d'estimation d'âge au décès des adultes fiables. Les résultats obtenus sont positifs puisque les erreurs systématiques sont réduites et qu'un outil de prédiction fiable est mis à disposition. Les perspectives développées ci-dessus sont autant de facteurs d'optimisme, et peuvent à court terme rendre caduque le constat de Maples (1989 : 323) selon lequel l'estimation de l'âge au décès des adultes « *is ultimately an art, not a precise science* ».

BIBLIOGRAPHIE

- ABDI (H.), 1994. *Les réseaux de neurones*. Presses Universitaires de Grenoble, Grenoble.
- ACREE (M.A.), 1999. Is there a gender difference in fingerpring ridge density. *Forensic Science International*, 102 : 35-44.
- ACSADI (G.), NEMESKERI (J.), 1970. The complex method. In : Acsádi G. et Nemeskeri J. (eds), *Human life span and mortality*. Akadémiai Kiado, Budapest, pp. 122-135.
- AESCHLIMANN (A.), KAHN (M.F.), 1992. L'arthrose de l'articulation sacro-iliaque. In : Simon L. et Herisson C. (eds), *La pathologie de la sacro-iliaque*, Masson, Paris, pp. 168-172.
- AHLQUIST (J.), DAMSTEN (O.), 1969. Modification of Kerley's method for the microscopic determination of age in human bone. *Journal of Forensic Science*, 14 : 205-212.
- AIELLO (L.C.), MOLLESON (T.), 1993. Are microscopic ageing techniques more accurate than macroscopic ageing techniques ? *Journal of Archaeological Science*, 20 : 689-704.
- ALBIN (R.L.), 1988. The pleiotropic gene theory of senescence : supportive evidence from human genetic disease. *Ethology and Sociobiology*, 9 : 371-382.
- ALESAN (A.), MALGOSA (A.), SIMO (C.), 1999. Looking into the Demography of an iron age population in the Western Mediterranean. I. Mortality. *American Journal of Physical Anthropology*, 110 : 285-301.
- ALI (R.S.), MCCLAUGHLIN (S.M.), 1991. Sex indentification from the auricular surface of the adult human ilium. *International Journal of Osteoarchaeology*, 1 : 57-61.
- ALLSOPP (R.C.), VAZIRI (H.), PATTERSON (C.), GOLDSTEIN (S.), YOUNGLAI (E.V.), FUTCHER (A.B.), GREIDER (C.W.), HARLEY (C.B.), 1992. Telomere length predicts replicative capacity of human fibroblasts. *Proceeding of the National Academy of Sciences of United States of America*, 89 : 10 114-10 118.
- ANGEL (J.L.), 1984. Variation in estimating age at death of skeletons. *Collegium Antropologium (Zagreb)*, 8 : 163-168.
- ARANA (E.), MARTI-BONMATI (L.), PAREDES (R.), BAUTISTA (D.), 1998. Comparison of logistic regression and neural network models. *Investigative Radiology*, 33 : 738-745.
- ARKING (R.), 1998. *Biology of Aging : Observations and Principles*. 2nd Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- ARLET (J.), MAZIÈRES (B.), 1985. Maladie hyperostotique. *Revue de Médecine Interne*, 6 : 553-564.
- ARMONI (A.), 1998. Use of neural networks in medical diagnosis. *Medical Diagnosis Computing*, 15 : 100-104.
- AYKROYD (R.G.), LUCY (D.), POLLARD (A.M.) SOLHEIM (T.), 1997. Technical note : regression analysis in adult age estimation. *American Journal of Physical Anthropology*, 104 : 259-265.
- AYKROYD (R.G.), LUCY (D.), POLLARD (A.M.), ROBERTS (C.A.), 1999. Nasty, brutish, but not necessarily short : a reconsideration of the statistical method used to calculate age at death from adult human skeletal and dental age indicators. *American Antiquity*, 64 : 55-70.
- BACCINO (E.), TAVERNIER (J.C.), LAMENDIN (H.), FRAMMERY (D.), NOSSINTCHOUK (R.), HUMBERT (J.F.), 1991. Recherche d'une méthode multifactorielle simple pour la détermination de l'âge des cadavres adultes. *Journal de Médecine Légale et Droit Médical*, 34 : 27-33.

- BACCINO (E.), ZERRILI (A.), 1997. The two step strategy (TSS) or the right way to combine a dental (Lamendin) and an anthropological (Suchey-Brooks System) method for age determination (abstract). *Proceedings of American Academy of Forensic Sciences*, 1997 : 150.
- BACCINO (E.), UBELAKER (D.H.), HAYEK (L-A.), ZERILLI (A.), 1999. Evaluation of seven methods of estimating age at death from mature human skeletal remains. *Journal of Forensic Science*, 44 : 931-936.
- BACHRACH (L.K), HASTIE (T.), WANG (M.C.), NARASIMHAN (B.), MARCUS (R.), 1999. Bone mineral acquisition in healthy Asian, Hispanic, Black, and Caucasian youth : a longitudinal study. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 84 : 4702-4712.
- BANG (G.), 1989. Age changes in teeth : developmental and regressive. In : Iscan M.Y. (ed), *Age Markers in the Human Skeleton*. Charles C Thomas, Springfield, pp. 211-235.
- BANG (G.), MONSEN (R.), 1968. Möglichkeiten der Altersbestimmung durch Untersuchungen an Zähnen. *Deutsch Zahnärztlh*, Z 23 : 934-936.
- BANKS (D.A.), FOSSEL (M.), 1997. Telomeres, cancer, and aging, altering the human lifespan. *Journal of American Medical Association*, 278 : 1345-1348.
- BARCHILON (V.), HERSHKOVITZ (I.), ROTHSCHILD (B.M.), WISH-BARATZ (S.), LATIMER (B.), JELLEMA (L.M.), HALLEL (T.) ARENSBURG (B.), 1996. Factors affecting the rate and pattern of the first costal cartilage ossification. *American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 17 : 239-247.
- BAXT (W.G.), 1990. Use of an artificial neural network for data analysis in clinical decision-making. The diagnosis of acute coronary occlusion. *Neural Computation*, 2 : 480-489.
- BAXT (W.G.), 1995. Application of artificial neural networks to clinical medicine. *The Lancet*, 346 : 1135-1138.
- BEDFORD (M.E.), RUSSEL (K.F.), LOVEJOY (C.O.), 1989. The utility of the auricular surface aging technique. *American Journal of Physical Anthropology*, 78 : 190-191.
- BEDFORD (M.E.), RUSSEL (K.F.), LOVEJOY (C.O.), MEINDL (R.S.), SIMPSON (S.W.), STUART-MACADAM (P.L.), 1993. Test of the multifactorial aging method using skeletons with known ages-at-death from the Grant Collection. *American Journal of Physical Anthropology*, 91 : 287-297.
- BELKIN (V.), LIVSHITS (G.), OTREMSKI (I.) KOPYLIANSKY (E.), 1998. Aging bone score and climatic factors. *American Journal of Physical Anthropology*, 106 : 349-359.
- BELLANY (N.), PARK (W.), ROONEY (P.J.), 1982. What do we know about the sacroiliac joint. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 12 : 282-313.
- BERGER (J.O.), BERRY (D.A.), 1988. Statistical analysis and the illusion of objectivity. *American Scientist*, 76 : 159-165.
- BERGOT (C.) ET BOCQUET (J.P.) , 1976. Etude systématique en fonction de l'âge de l'os spongieux et de l'os cortical de l'humérus et du fémur. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, série XIII, 215-242.
- BERRY (D.A.), 1985. Interim analyses in clinical trials : classical vs. Bayesian approaches. *Statistics in Medicine*, 4 : 521-526.
- BERRY (D.A.), 1996. *Statistics. A Bayesian Perspective*. Wadsworth Publishing Company : Belmont.

- BEUST (T.B.), 1931. Physiological changes in dentine. *Journal of Dental Research*, 11 : 267-275.
- BEYER-OLSEN (E.M.S.), BANG (G.), SELLEVOD (B.J.), 1994. Dental root dentine translucency used in age determination of Medieval Norwegians from Trondheim. *International Journal of Osteoarchaeology*, 4 : 305-310.
- BLACK (S.), SCHEUER (L.), 1996. Age changes in the clavicle : from the early neonatal period to skeletal maturity. *International Journal of Osteoarchaeology*, 6 : 425-434.
- BLAYO (F.), VERLEYSEN (M.), 1996. *Les réseaux de neurones artificiels*. Que sais-je ?, Presses Universitaires de France, Paris.
- BOCQUET-APPEL (J.P.), 1977. *Perspectives paléodémographiques*. Thèse d'Anthropologie Historique, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris, 180p, inédit.
- BOCQUET-APPEL (J.P.), MASSET (C.), 1977. Estimateurs en Paléodémographie. *L'Homme*, XVII : 65-90.
- BOCQUET-APPEL (J.P.), MAIA NETO (M.A.), TAVARES DA ROCHA (M.A.), XAVIER DE MORAIS (M.H.), 1978. Estimation de l'âge au décès des squelettes d'adultes par regressions multiples. *Contribuições para o Estudo da Antropologia Portuguesa*, 10 : 107-167.
- BOCQUET-APPEL (J.P.), MASSET (C.), 1982. Farewell to paleodemography. *Journal of Human Evolution*, 11 : 321-333.
- BOCQUET-APPEL (J.P.), MASSET (C.), 1985. Paleodemography : resurrection or ghost ? *Journal of Human Evolution*, 14 : 107-111.
- BOCQUET-APPEL (J.P.), MASSET (C.), 1995. L'âge au décès dans les populations inhumées : comparaison de méthodes et de résultats. *Antropologia Portuguesa*, 13 : 39-48.
- BOCQUET-APPEL (J.P.), MASSET (C.), 1996. Paleodemography : expancy and false hope. *American Journal of Physical Anthropology*, 99 : 571-583.
- BOCQUET-APPEL (J.P.), BACRO (J.N.), 1997. Brief communication : estimates of some demographic parameters in a neolithic rock-cut chamber using iterative techniques for aging and demographic estimators. *American Journal of Physical Anthropology*, 102 : 569-575.
- BÖDECKER (C.F.), 1925. A consideration of the changes in the teeth form young to old age. *Dental Cosmos*, 67 : 543-549.
- BODNAR (A.G.), OUELLETTE (M.), FROLKIS (M.), HOLT (S.E.), CHIU (C.P.), MORIN (G.B.), HARLEY (C.B.), SHAY (J.W.), LICHTSTEINER (S.) WRIGHT (W.E.), 1998. Extension of life-span by introduction of telomerase into normal human cells. *Science*, 279 : 349-352.
- BOGIN (B.), 1988. Rural-to-urban migration. In : Mascie-Taylor C.G.N. and Lasker G.W. (eds), *Biological Aspects of Human Migration*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 90-129.
- BOGIN (B.), 1993. *Patterns of human growth*, Cambridge University Press, Cambridge.
- BOLDSEN (J.L.), 1988. Two Methods for reconstructing the empirical mortality profile. *Human Evolution*, 3 : 335-342.
- BOLDSEN (J.L.), 1997. Transition analysis : a method for unbiased age estimation from skeletal traits (abstract). *American Journal of Physical Anthropology*, 24 : 76.

BOLLOW (M.), BRAUN (J.), KANNENBERG (J.), BIEDERMANN (T.), SCHAUER-PETROWSKAJA (C.), PARIS (S.), MUTZE (S.), HAMM (B.), 1997. Normal morphology of sacroiliac joints in children : magnetic resonance studies related to age and sex. *Skeletal Radiology*, 26 : 697-704.

BONE (K.E), 1993. Biases in skeleton sexing. *American Journal of Physical anthropology*, supp. 16 : 59.

BONNEL (F.), BRIAND (D.), FAURE (P.), 1992. Articulation sacro-iliaque structure anatomique et bases biomécaniques. In : Simon L. et Herisson C. (eds). *Pathologie de l'articulation sacro-iliaque*. Masson, Paris, pp. 14-19.

BOOKOUT (M.M.), BOISSONNAULT (J.S.), 1996. Musculoskeletal dysfunction in the female pelvis. *Orthopaedic Physical Therapy Clinics of North America*, 5 : 23-45.

BORELL (U.), FERNSTRÖM (I.), 1957. The movements at the sacro-iliac joints and their importance to changes in the pelvic dimensions during parturition. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*, 36 : 42-57.

BOURRET (P.), REGGIA (J.), SAMUELIDES (M.), 1991. *Réseaux de neurones artificiels : une approche connexionniste de l'Intelligence Artificielle*. Teknea.

BOWEN (V.), CASSIDY (D.), 1981. Macroscopic and microscopy anatomy of the sacro-iliac joint from embryonic life until the eighth decade. *Spine*, 6 : 620-628.

BOYDE (A.), KINGSMILL (V.J.), 1998. Age changes in bone. *Gerontology*, 15 : 25-34.

BRADLEY (J.P.), LEVINE (J.P.), BLEWETT (C.), KRUMMEL (T.), MCCARTHY (J.G.), LONGAKER (M.T.), 1996. Studies in cranial suture biology : in vitro cranial suture fusion. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 33 : 150-156.

BRADLEY (J.P.), LEVINE (J.P.), MCCARTHY (J.G.), LONGAKER (M.T.), 1997. Studies in cranial suture biology-regional dura mater determines in vitro cranial suture fusion. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 100 : 1091-1099.

BRASILI (P.), ZACCAGNI (L.), GUALDI-RUSSO (E.), 1999. Scoring of nonmetric cranial traits : a population study. *Journal of Anatomy*, 195 : 551-562.

BRICKLEY (M.), WALDRON (T.), 1998. Relationship between bone density and osteoarthritis in a skeletal population from London. *Bone*, 22 : 279-283.

BRIDGES (P.S.), 1989. Changes in activities with the shift to agriculture in the Southeastern United States. *Current Anthropology*, 30 : 385-394.

BRIGODE (M.), FRANÇOIS (R.J.), DORY (M.A.), 1982. Radiology study of the sacroiliac joints in vertebral ankylosing hyperostosis. *Annals of Rheumatic Diseases*, 41 : 225-231.

BRODY (J.A.), SCHNEIDER (E.L.), 1986. Diseases and disorders of aging- an hypothesis. *Journal of Chronic Diseases*, 39 : 871-876.

BROOKE (R.), 1924. The sacro-iliac joint. *Journal of Anatomy*, 58 : 299-305.

BROOKS (S.T.), 1955. Skeletal age at death : reliability of cranial and pubic age indicators. *American Journal of Physical Anthropology*, 13 : 567-597.

BROOKS (S.), SUCHEY (J.M.), 1990. Skeletal age determination based on the os pubis : a comparison of the Acsádi-Nemeskeri and Suchey-Brooks methods. *Human Evolution*, 5 : 227-238.

- BROQUA (C.), SCHMITT (A), 1999. L'utilité de l'approche Bayésienne dans l'estimation de l'âge au décès : exemple de la surface sacro-pelvienne iliaque. *Bulletins et Memoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, ns, 11 : 483-484.
- BROWN (G.W.), 1981. Bayes' formula : conditional probability and clinical medicine. *American Journal of Disease and Children*, 135 : 1125-1129.
- BROWN (W.T.), 1987. Genetic aspects of aging in humans. *Review of Biological Research in Aging*, 2 : 105-114.
- BROWNER (W.) Newman (T.), 1987. Are all significant P values created equal ? The analogy between diagnostic tests and clinical research. *Journal of American Medical Association*, 257 : 2459-2463.
- BRUNNER (C.), KISSLING (R.), JACOB (H.A.), 1991. The effects of morphology and histopathologic findings on the mobility of the sacro-iliac joint. *Spine*, 16 : 1111-1117.
- BRUZÉK (J.), 1991. *Fiabilité des procédés de détermination du sexe à partir de l'os coxal. Implications à l'étude du dimorphisme sexuel de l'homme fossile*. Thèse de doctorat, Museum d'Histoire Naturelle, Institut de Paléontologie Humaine, 431p, inédit.
- BRUZÉK (J.), CASTEX (D.), MAJO (T.), 1996. Evaluation des caractères morphologiques de la face sacro-pelvienne de l'os coxal. Proposition d'une nouvelle méthode de diagnose sexuelle. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, ns, 2 : 491-502.
- BRYANT-GREENWOOD (G.D.) Schwabe (C.), 1994. Human relaxin : chemistry and biology. *Endocrine Reviews*, 15 : 5-26.
- BUCK (C.E.), CAVANAGH (W.G.), LITTON (C.D.), 1996. *Bayesian Approach to Interpreting Archaeological Data*. Wiley and Sons, Chichester.
- BURCKHARDT (P.), MICHEL (C.H.), 1989. The peak bone mass concept. *Clinical Rheumatology*, 8 : 16-21.
- BUCKBERRY (J.L.), 2001. Age-related changes on the auricular surface of the ilium : a revised recording system. *American Journal of Physical Anthropology*, suppl. 32 : 45.
- BUIKSTRA (J.E.), KONISBERG (L.W.), 1985. Paleodemography : critiques and controversies. *American Anthropologist*, 87 : 316-333.
- BUIKSTRA (J.F.), KONISBERG (L.W.), BULLINGTON (J.), 1986. Fertility and the development of agriculture in the prehistoric midwest. *American Antiquity*, 51 : 528-546.
- BURR (D.B.), RUFF (C.B.), THOMPSON (D.D.), 1990. Patterns of skeletal histological changes through time : Comparison of an Archaic Native American population with modern populations. *Anatomical Record*, 226 : 307-313.
- BYERS (S.N.), 1994. On Stress and Stature in the "Osteological Paradox". *Current Anthropology*, 35 : 282-284.
- BYWATERS (E.C.G.), 1982. The pathological anatomy of idiopathic back pain. In : White AA. et Gordon S. (eds), *Idiopathic Low Back Pain*. Mosby, Saint Louis, pp. 144-175.
- CALVO (M.S.), KUMAR (R.) Heath (H.), 1990. Persistently elevated parathyroid hormone secretion and action in young women after four weeks of ingesting high phosphorus, low calcium diets. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 70 : 1334-1340.

CAMPBELL (E.J.M.), SCADDING (J.G.), ROBERTS (R.S.), 1979. The concept of disease. *British Medical Journal*, 2 : 757-762.

CASSIDY (J.D.), 1992. The pathoanatomy and clinical significance of the sacroiliac joints. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 15 : 41-42.

CHAMBERLAIN (A.), 2000. Problems and prospects in paleodemography. In : Cox M. et May S. (eds), *Human Osteology in Archeology and Forensic Science*. Greenwich Medical Media, London, pp. 101-115.

CHARLES (D.K.), CONDON (K.), CHEVERUD (J.M.), BUIKSTRA (J.E.), 1986. Cementum Annulation and Age Determination in *Homo sapiens* I. Tooth Variability and Observer Error. *American Journal of Physical Anthropology*, 71 : 311-320.

CHARLESWORTH (B.). 1980. *Evolution in Age-Structured Populations*. Cambridge University Press. Cambridge.

CHUMLEA (W.C.), GUO (S.S.), 1999. Body mass and bone mineral quality. *Current Opinion in Rheumatology*, 11 : 307-311.

CIPRIANO-BECHTLE (A.), GRUPE (G.), SCHRÖTER (P.), 1996. Ageing and life expectancy in the early Middle Ages. *Homo*, 46 : 267-279.

COALE (A.J.), DEMENY (P.), (1966). *Regional model life tables and stable populations*. Princeton University Press : Princeton.

COHEN (M.M.), 1993. Sutural biology and the correlates of craniosynostosis. *American Journal of Medical Genetics*, 47 : 581-616.

COHEN (M.N.), 1994. The osteological paradox reconsidered. *Current Anthropology*, 35 : 629-637.

COMFORT (A.), 1979. *The Biology of Senescence*, 3rd ed. Churchill Livingstone, Edinburgh.

CONCATO (J.), FEINSTEIN (A.E.), HOLFORD (T.R.), 1993. The risk of determining risk with multivariable models. *Annals of Internal Medicine*, 118 : 201-210.

CONDON (K.), CHARLES (K.), CHEVERUD (J.M.), BUIKSTRA (J.E.), 1986. Cementum annulation and age determination in *Homo sapiens*. II. Estimates and accuracy. *American Journal of Physical Anthropology*, 71 : 321-330.

COOK (D.C.), BUIKSTRA (J.E.), 1979. Health and differential survival in prehistoric populations. Prenatal dental defects. *American Journal of Physical Anthropology*, 51 : 649-664.

CORTET (B.), 1998. Physiopathogénie de l'ostéoporose sénile. In : Simon L., Marcelli C., Revel M. (eds), *Osteoporose et médecine physique*. Masson, Paris, pp. 25-31.

COUTENCEAU (C.), 1985. *Application du théorème de Bayes à la détermination de paternité*. Thèse de doctorat d'état en médecine. Université de Poitiers, 95p, inédit.

COX (M.), 1989. *An evaluation of the significance of « scars of parturition » in the Christ Church Spitalfields sample*. PhD. Thesis, Institute of Archaeology, University of London.

COX (M.), 2000. Ageing adults from the skeleton. In : Cox M. et May S. (eds), *Human Osteology in Archeology and Forensic Science*. Greenwich Medical Media, London, pp. 61-81.

- CROSS (S.S.), HARRISON (R.F.), KENNEDY (R.L.), 1995. Introduction to neural networks. *The Lancet*, 346 : 1075-1079.
- CRUBÉZY (E.), 1988. *Interactions entre facteurs bio-culturels, pathologie et caractères discrets. Exemple d'une population médiévale de Canac (Aveyron)*. Thèse de Médecine, Université de Montpellier, 417p. (inédit)
- CRUBÉZY (E.), TILLIER (A.M.), VANDERMEERSCH (B.), 1993. Croissance et vieillissement : tendances et méthodes en anthropologie. Avant propos. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, n.s., 5 : 5-6.
- CRUBEZY (E.), CAUSSE (L.), DELMAS (J.), LUDÉS (B.), 1998. *Le paysan médiéval en Rouergue : cimetière et église de Carnac (Campagnac, Aveyron)*. Guide d'Archéologie n°5, Musée Archéologique de Montrozier.
- CUNHA (E.), 1996. Osteoarthritis as an indicator of demographic structure of past populations : the example of a portuguese medieval sample. In : Perez-Perez A.(ed), *Salud, enfermedad y muerte en el pasado. Consecuencias biológicas del estrès y la patología*, pp.149-155.
- CUNHA (E.), CRUBEZY (E.), 2000. Comparative biology of the medieval populations (9th –15th centuries) of the Iberian Peninsula and Southwest of France : problematics and perspectives. *Journal of Iberian Archaeology*, 2 : 145-163.
- CUTLER (R.G.), 1975. Evolution of human longevity and the genetic complexity governing aging rate. *Proceedings National Academic Science USA*, 72 : 4664.
- DALITZ (G.D.), 1962. Age determination of human remains by teeth examination. *Journal of Forensic Science International*, 3 : 11-21.
- DAVALO (E.), NAÏM (P.), 1990. *Des réseaux de neurones*. Eyrolles, Paris.
- DAVID (J.D.), POSWILLO (D.), SIMPSON (D.), 1982. *The craniosynostoses. Causes, natural history, and management*. Springer-Verlag, New York.
- DAVIS (J.W.), NOVOTNY (R.), WASNICK (R.D.), ROSS (P.D.), 1999. Ethnic, anthropometric, and lifestyle associations with regional variations in peak bone mass. *Calcified Tissue International*, 65 : 100-105.
- DAWSON (M.R.W.), DOBBS (A.), HOOPER (H.R.), Mc EWAN (A.J.B.), TRISCOTT (J.), COONEY (J.), 1994. Artificial neural networks that use single-photon emission tomography to identify patients with probable Alzheimer's disease. *European Journal of Nuclear Medicine*, 21 : 1303-1311.
- DECHAUME (M.), DEROBERT (L.), PAYEN (J.), 1960. De la valeur de la détermination de l'âge par l'examen des dents en coupe mince. *Annales de Médecine Légale*, 40 : 165-167.
- DE SÈZE (S.), RENIER (J.C.), RAKIC (P.), 1962. Arthrose vertébrale et ostéoporose. Fréquences comparées de l'arthrose discovertébrale chez deux groupes de sujets d'âge comparable. Ostéoporotiques et non ostéoporotiques. *Revue du Rhumatisme et des Maladies Ostéo-articulaires*, 29 : 237.
- DEMENGEL (P.), 1997. *Probabilité, statistiques inférentielles, fiabilité ; outils pour l'ingénieur*. Ellipses, Paris.
- DENG (H.W.), STEGMAN (M.R.), DAVIES (K.M.), CONWAY (T.), RECKER (R.R.), 1999. Genetic determination of variation and covariation of peak bone mass at the hip and spine. *Journal of Clinical Densitometry*, 2 : 251-263.

DENNISON (E.), YOSHIMURA (N.), HASHIMOTO (T.), COOPER (C.), 1998. Bone loss in Great Britain and Japan : a comparative longitudinal study. *Bone*, 23 : 379-382.

DEQUEKER (J.), 1997a. Inverse relationship of interface between osteoporosis and osteoarthritis. *Journal of Rheumatology*, 24 : 795-798.

DEQUEKER (J.), 1997b. The inverse relationship between osteoporosis and osteoarthritis. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 455 : 419-422.

DEQUEKER (J.), NIJS (J.), VERSTRAETEN (A.), GEUSENS (P.), GEVERS (G.), 1987. Genetic determinants of bone mineral content at the spine and radius : a twin study. *Bone* 8 : 207-209.

DEQUEKER (J.), JOHNNELL (O.), MEDOS, 1993. Study Group. Osteoarthritis protects against femoral neck fracture : the MEDOS study experience. *Bone*, 14 : S51-56.

DIHLMANN (W.) HERING (L.), 1998. Dense bone around the sacroiliac joint : a radiological review of the differential diagnosis. *European Journal of Radiology*, 27 : 241-249.

DINCUFF (F.), 1998. *Logique floue et réseaux de neurones : des nouveaux outils de programmation pour les systèmes experts. Quel intérêt pour la médecine.* Thèse de Médecine, Université paris VII, inédit.

DREIER (F.G.), 1994. Age at death estimates for the protohistoric Arikara using molar attrition rates : A new quantification method. *International Journal of Osteoarchaeology*, 4 : 137-147.

DRUSINI (A.G.), 1993. Age estimation from teeth using soft X-ray findings. *Anthropologischer Anzeiger*, 51 : 41-46.

DRUSINI (G.A.), VOLPE (A.), DOVIGO (S.), 1990. Age determination in human adults by dental histology. *Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie*, 78 : 169-174.

DRUSINI (G.A.), CALIARI (E.), VOLPE (A.), 1991. Root dentine transparency. *American Journal of Physical Anthropology*, 85 : 25-30.

DRUSINI (G.A.), TOSO (O.), RANZATO (C.), 1997. The coronal pulp cavity index : A biomarker for age determination in human adults. *American Journal of Physical Anthropology*, 103 : 353-363.

DUDAR (J.C.), 1993. Identification of rib number and assessment of intercostal variation at the sternal rib end. *Journal of Forensic Science*, 38 : 788-797.

DUDAR (J.C.), PFEIFFER (S.), SAUNDERS (S.R.), 1993. Evaluation of morphological and histological adult skeletal age-at-death estimation techniques using ribs. *Journal of Forensic Science*, 38 : 677-685.

DURBACK (M.A.), EDELSTEIN (G.), SCHUMCHER (H.R. JR.), 1988. Abnormalities of the sacroiliac joints in Diffuse Idiopathic Skeletal Hyperostosis : demonstration by computed tomography. *The Journal of Rheumatology*, 15 : 1506-1510.

DUTOUR (O.), 1986. Enthesopathies (lesions of muscular insertions) as indicators of the activities of neolithic saharan populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 71 : 221-224.

DUTOUR (O.), 1992. Activités physiques et squelette humain : le difficile passage de l'actuel au fossile. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, ns, 4 : 233-241.

DYBOWSKI (R.), GANT (V.), 1995. Artificial neural networks in pathology and medical laboratories. *The Lancet*, 346 : 1203-1307.

- DYE (T.J.), LUCY (D.), POLLARD (M.), 1995. The occurrence and implications of post-mortem "Pink Teeth" in forensic and archaeological cases. *International Journal of Osteoarchaeology*, 5 : 339-348.
- DYER (C.A.E.), SINCLAIR (A.J.), 1998. The premature ageing syndromes : insights into the ageing process. *Age and Ageing*, 27 : 73-80.
- EFRON (B.), 1982. The Jackknife, the bootstrap, and other resampling plans. Society for Industrial and Applied Mathematics : Philadelphia
- EPKER (B.N.), KELIN (M.), FROST (H.M.), 1965. Magnitude and location of cortical bone loss in human rib with aging. *Clinical Orthopaedics*, 41 : 198-203.
- ERICKSEN (M.F.), 1991. Histological estimation of age at death using the anterior cortex of the femur. *American Journal of Physical Anthropology*, 84 : 171-179.
- ERICKSEN (M.F.), 1995. Problems in histological aging of archaeological skeletons. *Rivista di Antropologia*, 73 : 51-63.
- ERIKSEN (M.F.), 1997. Comparison of two methods of estimating age at death in a Chilean Preceramic population. *International Journal of Osteoarchaeology*, 7 : 65-70.
- ERICKSEN (M.F.), STIX (A.I.), 1991. Histological examination of age of the First African Baptist Church Adults. *American Journal of Physical Anthropology*, 85 : 247-252.
- ETCHEVERRY PATOUILLE (B.), 1994. *Méthode de bayes empirique pour l'estimation de l'infection à VIH et la prédiction du sida*. Thèse : Université Bordeaux 1, 116p, inédit.
- EVELETH (P.B.), TANNER (J.M.), 1990. *Worldwide Variation in Human Growth* (2nd Edition). Cambridge University Press, Cambridge.
- EVERITT (B.S.), 1992. « r*c » contingency tables. In : Everitt (ed), *The analysis of Contingency Tables*. Chapman & Hall, London, pp. 37-59.
- FAFLIA (C.P.), PRASSOPOULOS (P.K.), DASKALOGIANNAKI (M.E.), GOURTSOYIANNIS (N.C.), 1997 : Variation in the appearance of the normal sacroiliac joint on pelvic CT. *Clinical Radiology*, 53 : 742-746.
- FAIRGRIEVE (S.I.), OOST (T.S.), 1995. On the test of the multifactorial aging method by Bedford and al (1993). *American Journal of Physical Anthropology*, 97 : 83-87.
- FASSBENDER (H.G.), 1983. L'arthrose n'est pas un simple processus dégénératif. In : *Cartilage articulaire et arthrose*. Ciba-Geigy, Basel, pp. 7-29.
- FEIK (S.A.), THOMAS (C.D.L.), CLEMENT (J.G.), 1996. Age Trends in remodeling of the femoral midshaft differ between the sexes. *Journal of Orthopaedic Research*, 14 : 590-597.
- FEIK (S.A.), THOMAS (C.D.L.), CLEMENT (J.G.), 1997. Age-related changes in cortical porosity of the midshaft of the human femur. *Journal of Anatomy*, 191 : 407-416.
- FEIK (S.A.), THOMAS (C.D.L.), CLEMENT (J.G.), 2000. Regional variations in cortical modeling in the femoral mid-shaft : sex and age differences. *American Journal of Physical Anthropology*, 112 : 191-205.
- FEREMBACH (D.), 1983. Bilan sur la fiabilité des techniques de détermination de l'âge à partir du squelette. *Bulletins et Mémoires de la Société Anthropologique de Paris*, t.10, série XIII : 435-440.

- FEREMBACH (D.), Schwidetzky (I.), Stloukal (M.). 1979. Recommandations pour déterminer l'âge et le sexe sur le squelette. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, série XIII, 6 : 7-45.
- FINCH (C.E.), 1994. *Longevity, Senescence, and the Genome*. Chicago University Press, Chicago.
- FISHER (L.D.), 1996. Comments on bayesian and frequentist analysis and interpretation of clinical trials. *Controlled Clinical Trials*, 17 : 423-434.
- FISHER (R.), 1958. *Statistical Methods for Research Workers*, 13th ed. Hafner, New York.
- FLECKER (H.), 1993. Roentgenographic observations of the times of appearance of epiphyses and their fusion with the diaphyses. *Journal of Anatomy*, 67 : 118-164.
- FOREMAN (L.A.), SMITH (A.F.M.), EVETT (I.W.), 1999. Bayesian validation of a quadruplex STR profiling system for identification purposes. *Journal of Forensic Science*, 44 : 478-486.
- FOURNIÉ (B.), 1993. *The enthesic region : an extended approach to the concept of "enthesis"*. Presse Médicale, 22 : 1767-1769.
- FOSSEL (M.), 2000. Cell senescence in human aging : a review of the theory. *In Vivo*, 14 : 29-34.
- FREEMAN (P.R.), 1993. The role of p-values in analysing trial results. *Statistics in Medicine*, 12 : 1442-1552.
- FROST (H.M.), 1969. Tetracycline-based histological analysis of bone remodeling. *Calcified Tissue Research*, 3 : 211-237.
- FROST (H.M.), 1985. The "New Bone" : some anthropological potentials. *Yearbook of Physical Anthropology*, 28 : 211-236.
- FROST (H.M.), 1987. Secondary osteons populations : an algorithm for determining mean bone tissue age. *Yearbook of Physical Anthropology*, 30 : 221-238.
- FROST (H.M.), 1988. Vital biomechanics : proposed general concepts for skeletal adaptations to mechanical usage. *Calcified Tissue International*, 42 : 145-156.
- FROST (H.M.), 1997. On our age-related bone loss : insights from a new paradigm. *Journal of Bone and Mineral Research*, 12 : 1539-1546.
- FUJITA (H.), KATAFUCHI (T.), UEHARA (T.), NISHIMURA (T.), 1992. Application of artificial neural network to computer-aided diagnosis of coronary artery disease in myocardial spect Bull's-Eye images. *Journal of Nuclear Medicine*, 33 : 272-276.
- FULLER (K.), 1998. Adult females and pubic bone growth. *American Journal of Physical Anthropology*, 106 : 323-328.
- GAGE (T.B.), 1988. Mathematical hazard models of mortality : an alternative to model life tables. *American Journal of Physical Anthropology*, 76 : 429-441.
- GALERA (V.), UBELAKER (D.H.), HAYEK LEE-ANN (C.), 1998. Comparison of macroscopic cranial methods of age estimation applied to skeletons from the Terry Collection. *Journal of Forensic Science*, 43 : 933-939.
- GARM (S.M.), ROHMAN (C.G.), BEHAR (M.), VITERI (F.), GUZEMAN (M.A.), 1964. Compact bone deficiency in protein-calorie malnutrition. *Science*, 145 : 1444-1445.

- GARMUS (A.), 1993 Age estimation. In : Garmus A. (ed), *Pelvic bones in Forensic Medicine*. Baltic Medico-Legal Association, Vilnius, pp. 38-46.
- GEMMERICH (I.), 1993. Evaluation de quelques interactions "mortalité-morphologie" par l'étude des squelettes de sexe et d'âge connus provenant de cimetières désaffectés du Canton de Vaud. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, ns, : 301-312.
- GEMMERICH (I.), 1999. *Création d'une collection anthropologique de référence et application des caractères discrets dans le cas de généalogies connues*. Thèse de Doctorat, Université de Genève, 266p, inédit.
- GIGUERE (Y.), ROUSSEAU (F.), 2000. The genetics of osteoporosis : « complexities and difficulties ». *Clinical Genetics*, 57 : 161-169.
- Gilbert (B.M), Mc Kern (T.W.), 1973. A METHOD FOR AGING THE FEMALE OS PUBIS. *AMERICAN JOURNAL OF PHYSICAL ANTHROPOLOGY*, 38 : 31-38.
- GILLET (R.M.), 1991. Determination of age at death in human skeletal remains : a comparison of two techniques. *International Journal of Anthropology*, 6 : 179-189.
- GILSANZ (V.), ROE (T.F.), MORA (S.), COSTIN (G.), GOODMAN (W.G.), 1991. Changes in vertebral bone density in black girls and white girls during childhood and puberty. *New English Journal of Medicine*, 325 : 1597.
- GOKER (B.), SUMNER (D.R.), HURWITZ (D.E.), BLOCK (J.A.), 2000. Bone mineral density varies as a function of the rate of joint space narrowing in the hip. *Journal of Rheumatology*, 27 : 735-738.
- GOLDBERG (M.), 1989. *Manuel d'Histologie et de Biologie buccale*. Masson. Paris.
- GOODMAN (S.N.), 1993. P values, hypothesis tests, and likelihood : implications for epidemiology of a neglected historical debate. *American Journal of Epidemiology*, 137 : 485-496.
- GOODMAN (S.N.), 1999a. Toward evidence-based medical statistics. 1 : the P value Fallacy. *Annals of Internal Medicine*, 130 : 1005-1013.
- GOODMAN (S.N.), 1999b. Toward evidence-based medical statistics. 2 : the bayes factor. *Annals of Internal Medicine*, 130 : 995-1004.
- GOWLAND (R.L.), CHAMBERLAIN (A.T.), 1999. The use of prior probabilities in ageing perinatal skeletal remains : implications for the evidence of infanticide in Roman-Britain. *American Journal of Physical Anthropology*, suppl. 28 : 138-139
- GREENFIELD (E.), GOLDBERG (V.), 1997. Genetic determination of bone density. *The Lancet*, 350 : 1263-1264.
- GREIDER (C.W.), BLACKBURN (E.H.), 1985. Identification of a specific telomere terminal transferase enzyme with two kinds of primer specificity. *Cell*, 51 : 405-413.
- GUALDI-RUSSO (E.), TASCA (M.A.), BRASILI (P.), 1999. Scoring of nonmetric cranial traits : a methodological approach. *Journal of Anatomy*, 195 : 543-550.
- GUERMAZI (A.), 1997. *L'essentiel de l'imagerie osseuse et articulaire*. Sauramps Medical, Montpellier.
- GUERRIERE (M.R.J.), DETSKY (A.S.), 1991. Neural networks : what are they ? *Annals of Internal Medicine*, 115 : 906-907

- GUSTAFSON (G.), 1950. Age determination of teeth. *Journal of American Association*, 41 : 45-54.
- GUY (H.), 1995. Principes méthodologiques appliqués à la paléodémographie d'un cimetière du haut Moyen-Age. *Les Nouvelles de l'Archéologie*, 59 : 39-45.
- HAMILTON (D.), O'MAHONY (D.), COFFEY (J.), MURPHY (J.), O'HARE (N.), FREYNE (P.), WALSH (B.), COAKLEY (D.), 1997. Classification of mild Alzheimer's disease by artificial neural network analysis of SPET data. *Nuclear Medicine Communications*, 18 : 805-810.
- HAN (Z.H.), PALNITKAR (S.), SUKHAKER (R.D.), NELSON (D.), PARFITT (A.M.), 1997. Effects on ethnicity and age or menopause on the remodeling and turnover of iliac bone : implications for mechanisms of bone loss. *Journal of Bone and Mineral Research*, 12 : 498-507.
- HANIHARA (K.), SUZUKI (T.), 1978. Estimation of age from the pubic symphysis by means of the multiple regression analysis. *American Journal of Physical Anthropology*, 48 : 233-240.
- HANNAN (M.T.), ANDERSON (J.J.), ZHANG (J.J.), LEVY (Y.), FELSON (D.T.), 1993. Bone mineral density and knee osteoarthritis in elderly men and women. The Framingham Study. *Arthritis and Rheumatism*, 12 : 1671-1680.
- HARLEY (C.B.), FUTCHER (A.B.), GREIDER (C.W.), 1990. Telomeres shorten during ageing of human fibroblasts. *Nature*, 345 : 458-460.
- HARPER (G.J.), CREWS (D.E.), 2000. Aging, Senescence, and Human Variation. In : Stinson S., Bogin B., Huss-Ashmore R., O'Rourke D. (eds). *Human Biology. An evolutionary and biocultural perspective*. Wiley-Liss, New-York, pp. 465-505.
- HARRISON (D.E.), HARRISON (D.D.), TROYANOVICH (S.J.), 1997. The sacroiliac joint : a review of anatomy and biomechanics with clinical implications. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 20 : 607-617.
- HAYFLICK (L.), 1998. How and why we age. *Experimental Gerontology*, 33 : 639-653.
- HERING (T.M.), 1999. Regulation of chondrocyte gene expression. *Frontiers in Bioscience*, 15 : D743-D61.
- HERSHKOVITZ (I.), LATIMER (B.), DUTOIR (O.), JELLEMA (L.M.), WISH-BARATZ (S.), ROTHSCHILD (C.), ROTHSCHILD (B.M.), 1997. Why do we fail in aging the skull from the sagittal suture ? *American Journal of Physical Anthropology*, 103 : 393-399.
- HESS (J.C.), 1970. Les problèmes de l'endodontie en fonction de l'âge mûr. *Les Cahiers de l'Odonto-Stomatologie*, 1 : 17-23.
- HILLSON (S.), 1996a. Histological methods of age determination. In : Hillson S.(ed), *Dental Anthropology*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 207-216.
- HILLSON (S.), 1996b. Tooth wear and modification. In : Hillson S.(ed), *Dental Anthropology*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 231-253.
- HINTON (J.R.), 1981. Form and patterning of anterior tooth wear among aboriginal human groups. *American Journal of Physical Anthropology*, 54 : 555-564.
- HINTON (J.R.), 1982 Differences in interproximal and occlusal wear among prehistoric tennessee Indians : implications of masticatory function. *American Journal of Physical Anthropology*, 57 : 103-115.

- HOCHBERG (M.C.), LETHBRIDGE-CEJKU (M.), PLATO (C.C.), WIGLEY (F.M.), TOBIN (J.D.), 1991. Factors associated with steoarthritis of the hand in males : data from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *American Journal of Epidemiology*, 134 : 1121-1536.
- HOCHBERG (M.C.), LETHBRIDGE-CEJKU (M.), SCOTT (W.W.), PLATO (C.C.), TOBIN (J.D.), 1994. Appendicular bone mass and osteoarthritis of the hands in women : data from the Baltimore longitudinal study of aging. *Journal of Rheumatology*, 21 : 1532-1536.
- HOLLOWAY (G.E.), PHILLIPS (H.A.), ADES (L.C.), *et al*, 1995 Localization of craniosynostosis Adelaide type to 4p16. *Human Molecular Genetics*, 4 : 71
- HOPPA (R.D.), 2000. Population variation in osteological aging criteria : an example from the pubic symphysis. *American Journal of Physical Anthropology*, 111 : 185-191.
- HOPPA (R.), SAUNDERS (S.), 1998. Two quantitative methods for rib seriation in human skeletal remains. *Journal of Forensic Science*, 43 : 174-177.
- HOPPA (R.), SAUNDERS (S.R.), MC DONALD (P.), 1999. Fitting mixture distributions to estimate adult demographic structure in skeletal samples. *American Journal of Physical Anthropology*, suppl.28: 155.
- HORAN (M.A.), PENDLETON (N.), 1995. The relationship between aging and disease. *Review in Clinical Gerontology*, 5 : 125-141.
- HORIUCHI (T.), YOSHIDA (T.), KOSHIHARA (Y.), SAKAMOTO (H.), KANAI (H.), YAMAMOTO (S.), ITO (H.), 1999. The increase of parathyroid hormone-related peptide and cytokine levels in synovial fluid of elderly rheumatoid arthritis and osteoarthritis. *Endocrine Journal*, 46 : 643-649.
- HORNIK (K.), STINCHCOMBE (M.), WHITE (H.), 1989. Multilayer feedforward networks are universal approximators. *Neural Networks*, 2 : 359-366.
- HOWELLS (W.W.), 1965. Age and individuality in vertebral lipping : Notes on Stewart's data. *In Homenaje a Juan Comas en su Aniversario*, Mexico, Vol II : 169-178.
- HOWSON (C.), URBACH (P.), 1993. *Scientific Reasoning : the Bayesian Approach*. La Salle, Open Court.
- HOYME (L.E.), 1984. Sex differentiation in the posterior pelvis. *Collegium Antropologicum (Zagreb)*, 8 : 139-153.
- INOI (T.), 1997. Estimation of sex and age by calcification pattern of costal cartilage in Japanese. *Nippon Hoigaku Zasshi*, 51 (2) : 89-94.
- ISCAN (M.Y.), 1995. Research directions in human skeletons biology. *Rivista di Antropologia*, 73 : 5-10.
- ISCAN (M.Y.), 1998. Progress in forensic anthropology : 20th century. *Forensic Science International*, 98 : 1-8.
- ISCAN (M.Y.), LOTH (S.R.), WRIGHT (R.K.), 1980. Age estimation from the rib phase : white females. *Journal of Forensic Science*, 30 : 853-863.
- ISCAN (M.Y.), LOTH (S.R.), WRIGHT (R.K.), 1984a. Age estimation from the rib by phase analysis. *Journal of Forensic Science*, 29 : 1094-1104.

- ISCAN (M.Y.), LOTH (S.R.), WRIGHT (R.K.), 1984b. Metamorphosis at the sternal rib end : a new method to estimate age at death in white males. *American Journal of Physical Anthropology*, 65 : 147-156.
- ISCAN (M.Y.), LOTH (S.), 1986a. Estimation of age and determination of sex from the sternal rib. In : Kerley (ed), *Forensic Osteology : Advances in the Identification of Human Remains*. Charles Thomas Springfield, New York, pp. 69-89.
- ISCAN (M.Y.), LOTH (S.), 1986b. Determination of age from the sternal rib in white males : a test of the phase method. *Journal of Forensic Science*, 31: 122-132.
- ISCAN (M.Y.), LOTH (S.), 1986c. Determination of age from the sternal rib in white females : A test of the phase method. *Journal of Forensic Science*, 31: 990-999.
- ISCAN (M.Y.), 1987. Racial variation on the sternal extremity of the rib and its effect on age determination. *Journal of Forensic Science*, 32 : 452-466.
- ISCAN (M.Y.), LOTH (S.), 1989. Osteological manifestation of age in the adult. In : Iscan M.Y. et Kennedy K.A.R. (eds), *Reconstruction of life from the Skeleton*. Wiley-Liss, New-York, pp.23-40
- ISCAN (M.Y.), LOTH (S.R.), SCHEUERMAN (E.H.), 1992. Age assessment from the sternal end of the rib and pubis symphysis : a systematic comparison. *Anthropologie (Brno)*, XXX : 41-44.
- ISCAN (M.Y.), SHIHAI (D.), 1995. Sexual dimorphism in the chinese femur. *Forensic Science International*, 74 : 79-87.
- ISCAN (M.Y.), BOLDSSEN (J.L.), 1995. A statistical model of the rib phase method. *Rivista di Antropologia (Roma)*, 73 : 21-29.
- ISCAN (M.Y.), LOTH (S.), 1997. The scope of forensic anthropology. In : Eckert W.G. (ed), *Introduction to Forensic Sciences*. CRC Press, Boca Raton, pp. 343-369.
- IWAMOTO (S.), KONISHI (M.), 1993. Estimating the age at death in a group of historically unknown adults. *Okajimas Folia Anatomica Japonica*, 70 : 105-113.
- IWANIEC (U.T.), CRENSHAW (T.D.), SHOENINGER (M.J.), STOUT (S.D.), ERICKSEN (M.F.), 1998. Methods for improving the efficiency of estimating total osteon density in the human anterior mid-diaphyseal femur. *American Journal of Physical Anthropology*, 107 : 13-24.
- JACKES (M.), 1985. Pubic symphysis age distributions. *American Journal of Physical Anthropology*, 68 : 281-299.
- JACKES (M.), 1992. Paleodemography : problems and techniques. In : Saunders M.S. et Katzenberg M.A. (eds), *Skeletal biology of past peoples : research methods*. Wiley-Liss, New-York, 189-224.
- JACKES (M.), 1993. On paradox and osteology. *Current Anthropology*, 34 : 434-438.
- JACKES (M.), 2000. Building the bases for paleodemographic analysis : adult age determination.. In : Katzenberg M.A. et Saunders S.R. (eds). *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. Wiley-Liss, New York, pp. 417-466.
- JAJIC (I.), JAJIC (Z.), 1987. The prevalence of osteoarthritis of the sacroiliac joints in an urban population. *Clinical Rheumatology*, 6 : 39-41.

- JIANG (Y.), ZHAO (J.), ROSEN (C.), GEUSENS (P.), GENANT (H.K.), 1999. Perspectives on bone mechanical properties and adaptative response to mechanical challenge. *Journal of Clinical Densitometry*, 2 : 423-433.
- JIT (I.), KULKARNI (M.), 1976 Times of appearance and fusion of epiphysis at the medial end of the clavicle. *Indian Journal of Medical Research*, 64 : 773-782.
- JODOUIN (J.F.), 1994. *Les réseaux de neurones, principes et définitions*. Hermès, Paris.
- JOHANSON (G.), 1971. Age determinations from human teeth. *Odontologisk Revy*, 22 (suppl.2) : 1-126
- JONES (G.), NGUYEN (T.), SAMBROOK (P.N.), KELLY (P.J.), EISMAN (J.A.), 1995. A longitudinal study of the effect of spinal degenerative disease on bone density in the elderly. *Journal of Rheumatology*, 22 : 932-936.
- JONES (E.B.), UBELAKER (D.H.), 2001. Demographic analysis of the Voegtly Cemetery sample, Pittsburgh, Pennsylvania. *American Journal of Physical Anthropology*, suppl. 32 : 86.
- JONSON (N.E.G.), 1991. Everyday diagnostics- A critique of the bayesian model. *Medical Hypotheses*, 34 : 289-295.
- JOSEPH (L.), GYORKOS (T.W.), COUPAL (L.), 1995. Bayesian estimation of disease prevalence and the parameters of diagnostic tests in the absence of gold standard. *American Journal of Epidemiology*, 141 : 263-272.
- KACZMAREK (A.), SZWED (A.), 1997. A review of anthropological approaches in ageing. *Przegląd Antropologiczny*, 60 : 35-46.
- KAMPEN (W.U.), CLAASSEN (H.), KIRSCH (T.), 1995. Mineralization and osteogenesis in the human first cartilage. *Annals of Anatomy*, 177 : 171-177.
- KAMPEN (W.U.), TILLMAN (B.), 1998. Age related changes in the articular cartilage of human sacroiliac joint. *Anatomy and Embryology*, 198 : 505-513.
- KAQUELER (J.C.), DECOMBAS (M.), LEMAY (O.), 1989. *Structure Bucco-Dentaire à Microscopie Electronique à balayage*. Masson, Paris.
- KARASIK (D.), ARENSBURG (B.), TILLIER (A.M.), PAVLOVSKY (O.M.), 1998. Skeletal age assessment of Fossil Hominids. *Journal of Archeological Science*, 25 : 689-696.
- KARASIK (D.), ARENSBURG (B.), PAVLOVSKY (O.M.), 2000a. Age assessment of natufian remains from the land of Israel. *American Journal of Physical Anthropology*, 113 : 263-274.
- KARASIK (D.), PAVLOVSKY (O.), BATSEVICH (V.), LIVSHITS (G.), KOBLYANSKY (E.), 2000b. Use of hand bones roentgenographs in the prediction of age in nine human populations. *Anthropologischer Anzeiger*, 58 : 199-204.
- KASHYAP (V.K.), KOTESWARA (R.), 1990. A modified Gustafson method of age estimation from teeth. *Forensic Science International*, 47 : 237-247.
- KATZ (D.), SUCHEY (J.M.), 1986. Age determination of the male os pubis. *American Journal of Physical Anthropology*, 69 : 427-435.
- KATZ (D.), SUCHEY (J.M.), 1989. Races differences in pubic symphyseal aging patterns in the male. *American Journal of Physical Anthropology*, 80 : 167-172.

- KELLGREN (J.H.), LAWRENCE (J.S.), 1957. Radiologic assessment of osteoarthritis. *Annals of Rheumatic Disease*, 16 : 494-501.
- KEMKES GROTENTHALER (A.), 1996. Critical evaluation of osteomorphognostic methods of estimate adult age at death : a test of the complex method. *Homo*, 46 : 280-292.
- KERLEY (E.R.), 1965. The microscopic determination of age in human bone. *American Journal of Physical Anthropology*, 23 : 149-164.
- KERLEY (E.R.), UBELAKER (D.H.), 1978. Revisions in the microscopic method of estimating age at death in human cortical bone. *American Journal of Physical Anthropology*, 49 : 545-546.
- KEY (C.A.), LESLIE (C.A.), MOLLESON (T.), 1994. Cranial suture closure and its implications for age estimation. *Internation Journal of Osteoarchaelogy*, 4 : 193-207.
- KILIAN (J.), 1986. *Age determination of adult individuals from the teeth*. Medicine Dissertation, Pilsen.
- KINGSMILL (V.J.), BOYDE (A.), 1999. Mineralization density and apparent density of bone in cranial and postcranial sites in the aging human. *Osteoporosis International*, 9 : 260-263.
- KIRKWOOD (T.B.L.), 1987. Comparative and evolutionary aspects of longevity. In : Woodhead A.D. et Thompson K.H. (eds), *Evolution of Longevity in Animals*. Plenum Press, New York, pp.209.
- KIRKWOOD (T.B.L.), 1995. The evolution of ageing. *Review in Clinical Gerontology*, 5 : 3-9.
- KIRKWOOD (T.B.L.), 1997a. The interface between ageing and health in man. *Age and Ageing*, 26-S4 : 73-80.
- KIRKWOOD (T.B.L.), 1997b. What is the relationship between osteoarthritis and ageing ? *Baillière's Clinical Rheumatology*, 11 : 683-694.
- KIRKWOOD (T.B.L.), HOLLIDAY (R.), 1986. Ageing as consequence of natural selection. In : Bittles A.H. et Collins K.J. (eds), *The biology of human aging*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 1-17.
- KIRKWOOD (T.B.), RITTER (M.A.), 1998. Related articles on the interface between ageing and health in man. *Age Ageing*, 26, suppl 4 : 9-14.
- KIRKWOOD (T.B.L.), AUSTAD (S.N.), 2000. Why do we age ? *Nature*, 408 : 223-238.
- KLEPINGER (L.L.), KATZ (D.), MICOZZI (M.S.), CAROLL (L.), 1992. Evaluation of cast methods for estimating age from os pubis. *Journal of Forensic Science*, 37 : 763-770.
- KOBYLIANSKY (E.), LIVSHITS (G.), PAVLOVSKY (O.), 1995. Population biology of human aging : methods of assessment and sex variation. *Human Biology*, 67 : 87-109.
- KOESLAG (J.H.), 1993. What is normal ? *South African Medical Journal*, 83 : 47-50.
- KONIGSBERG (L.W.), BUIKSTRA (J.E.), BULLINGTON (J.), 1989. Paleodemographic correlates of fertility. *American Antiquity*, 54 : 626-636.
- KONISGBERG (L.W.), FRANKENBERG (S.R.), 1992. Estimation of age structure in anthropological demography. *American Journal of Physical Anthropology*, 89 : 235-256.

- KONISGBERG (L.W.), FRANKENBERG (S.R.), 1994. Paleodemography : « Not quite dead ». *Evolution and Anthropology*, 3 : 92-105.
- KONISGBERG (L.W.), FRANKENBERG (S.R.), WALKER (R.B.), 1994. Regress what on what ? Paleodemographic age estimation as a calibration problem. In : Paine R.R. (ed), *Integrating Archaeological Demography : Multidisciplinary Approaches to Prehistoric Population*. Southern Illinois University, Carbondale, pp. 64-88.
- KONISGBERG (L.W.), HENS (S.M.), 1998. Use of ordinal categorical variables in skeletal assessment of sex from the cranium. *American Journal of Physical Anthropology*, 107 : 97-112.
- KONISGBERG (L.W.), HENS (S.M.), JANTZ (L.M.), JUNGERS (W.L.), 1998. Stature estimation and calibration : bayesian and maximum likelihood perspective in physical anthropology. *Yearbook of physical Anthropology*, 41 : 65-92.
- KONISGBERG (L.W.), HERRMANN (N.P.), WESCOTT (D.), 1999. Reevaluation of component approaches to age estimation from the human pubic symphysis. *American Journal of Physical Anthropology*, suppl.28 : 172.
- KREITNER (K.F.), SCHWEDEN (F.J.), RIEPERT (T.), NAFE (B.), THELEN (M.), 1998. Bone age determination based on the study of the medial extremity of the clavicle. *Musculoskeletal Radiology*, 8 : 1116-1122.
- KUNOS (C.A.), SIMPSON (S.W.), RuSSEL (K.F.), HERSHKOVITZ (I.), 1999. First rib metamorphosis : its possible utility for human age-at-death estimation. *American Journal of Physical Anthropology*, 110 : 303-323.
- KURIHARA (Y.), KURIHARA (Y.), OHASHI (K.), KITAGAWA (A.), MIYASAKA (M.), OKAMOTO (E.), ISHIKAWA (T.), 1996. Radiology evidence of sex differences : is a patient a man or a woman. *American Journal of Radiology*, 167 : 1037-1040.
- KVAAL (S.), SOLHEIM (T.), 1994. A non-destructive dental method for age estimation. *Journal of Forensic Odontostomatology*, 12 : 6-11.
- KVAAL (S.), KOPPANG (H.S.), SOLHEIM (T.), 1994a. Relationship between age and deposit of peritubular dentine. *Gerontology*, 11 : 93-98.
- KVAAL (S.), SELLEVOD (B.J.), SOLHEIM (T.), 1994b. A Comparison of different non-destructive methods of age estimation in skeletal material. *International Journal of Osteoarchaeology*, 4 : 363-370.
- KVAAL (S.), SOLHEIM (T.), 1995. Incremental lines in human dental cementum in relation to age. *European Journal of Oral Sciences*, 103 : 225-230.
- LAZENBY (R.A.), 1984. Inherent deficiencies in cortical bone microstructural age estimation techniques. *Ossa*, 9-11 : 95-103.
- LAZENBY (R.A.), 1990. Continuing periosteal apposition II : the significance of peak bone mass, strain equilibrium, and age-related activity differentials for mechanical compensation in human tubular bones. *American Journal of Physical Anthropology*, 82 : 473-484.
- LAZENBY (R.A.), PFEIFFER (S.K.), 1994. Sex as a covariate in the analysis of bone remodeling. *American Journal of Physical Anthropology*, suppl 18 : 127.
- LAGIER (R.), 1987. Approche globale du concept d'arthrose par l'anatomopathologie. In : Simon L. et Loyau G. (eds), *L'arthrose : perspectives et réalités*. Masson, Paris, pp. 110-117.

- LAGIER (R.), 1991. Enthèses normales et enthésopathies. In : Simon L., Hérissou C., Rodineau J (eds). *Pathologie des insertions et enthésopathies*. Masson, Paris, pp. 1-7.
- LAMENDIN (H.), HUMBERT (J.F.), TAVERNIER (J.C.), BRUNEL (G.), NOSSINTCHOUK (R.), 1990. Estimation d'âge par une méthode à deux critères dentaires. *Le Chirurgien Dentiste Français*, 539 : 93-96.
- LAMENDIN (H.), BACCINO (E.), HUMBERT (J.F.), TAVERNIER (J.C.), NOSSINTCHOUK (R.M.), ZERILLI (A.), 1992. A simple technique for age estimation in adult corpses : the two criteria dental method. *Journal of Forensic*, 37 : 1373-1379.
- LANE (J.M.), RUSSELL (L.), KAHN (S.N.), 2000. Osteoporosis. *Clinical Orthopaedics*, 372 : 139-150.
- LANGDAHL (B.L.), LOKKE (E.), CARSTENS (M.), STENKJAER (L.L.), ERICKSEN (E.F.), 2000. Osteoporotic fractures are associated with an 86-base pair repeat polymorphism in the interleukin-1—receptor antagonist gene but not with polymorphisms in the interleukin-1beta gene. *Journal of Bone Mineral Research*, 15 : 402-414.
- LAVIGNOLLE (B.), SENEGAS (J.), TOSON (B.), MORLIER (P.), 1994. Etude cinématique des articulations sacro-iliaques. *La revue de Médecine Orthopédique*, 36 : 5-9.
- LE CUN (Y.), 1986. Learning process in an asymmetric threshold network. In : Bienenstock E., Fogelman Soulié F., and Weisbuch G. (eds), *Disordered systems and biological organization*. Springer Verlag, Berlin.
- LEDERMANN (S.), 1969. *Nouvelles tables de mortalité*. INED, Travaux et documents n°53, Presse Universitaire de France, Paris.
- LEONETTI (G.), SIGNOLI (M.), HERSHKOVITZ (I.), LATIMER (B.), TERVE (J.P.), JELLEMA (L.), CIANFARANI (F.), DUTOIR (O.), 1997. Variation de l'angle sphénoïdal du crâne humain en fonction du vieillissement. *Compte Rendu de l'Académie des Sciences, Sciences de la Vie*, 320 : 943-947.
- LEVINE (M.D.), CHANG (J.), SUNG (J.), MC CARTHY (J.G.), SCHENDEL (S.A.), LONGAKER (M.T.), 1998a. Studies in cranial suture biology : up-regulation of transforming growth factor-beta 1 and basic fibroblast growth factor mRNA correlates with posterior frontal cranial suture fusion in the rat. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 101 : 1431-1440.
- LEVINE (J.P.), FAMES (P.), BRADLEY (J.P.), ROTH (A.D.), MC CARTHY (J.), LONGAKER (M.T.), 1998b. Study in cranial suture biology : regional dura mater determines overlying suture biology. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 101 : 1441-1447.
- LEVY (M.Z.), ALLSOPP (R.C.), FUTCHER (A.B.), GREIDER (C.W.), HARLEY (C.B.), 1992. Telomere end-replication problem and cellular aging. *Journal of Molecular Biology*, 225 : 951-960.
- LIEBERMAN (D.E.), 1993. Life history variables preserved in dental cementum microstructure. *Science*, 261 : 1162-1164.
- LITTON (C.D.), BUCK (C.E.), 1995. The Bayesian approach to the interpretation of archaeological data. *Archaeometry*, 37 : 1-24.
- LIU (G.), PEACOCK (M.), EILAM (O.), DORULLA (G.), BRAUNSTEIN (E.), JOHNSTON (C.C.), 1997. Effects of osteoarthritis in the lumbar spine and hip on bone mineral density and diagnosis of osteoporosis in elderly men and women. *Osteoporosis International*, 7 : 564-569.
- LIVSHITS (G.), VAINDER (M.), PAVLOVSKY (O.), KOBLYANSKY (E.), 1996. Population biology of Human Aging : ethnic and climatic variation of bone age scores. *Human Biology*, 68 : 293-314.

- LIVSHITS (G.), KARASIK (D.), OTREMSKI (I.), KOBLYANSKY (E.), 1998. Genes play an important role in bone aging. *American Journal of Human Biology*, 10 : 421-438.
- LOTH (S.R.), 1995. Age assessment of the Spitalfield cemetery population by rib phase analysis. *American Journal of Human Biology*, 7 : 465-471.
- LOTH (S.R.), ISCAN (M.Y.), SCHENNERMAN (E.H.), 1994. Intercostal variation at the sternal end of the rib. *Forensic Science International*, 65 : 135-143.
- LOVEJOY (C.O.), 1985. Dental wear in the Libben population : its functional pattern and role in the determination of adult skeletal age at death. *American Journal of Physical Anthropology*, 68 : 47-56.
- LOVEJOY (C.O.), MEINDL (R.S.), MENSFORTH (R.P.), BARTON (T.J.), 1985a. Multifactorial determination of skeletal age at death : a method and blind tests of its accuracy. *American Journal of Physical Anthropology*, 68 : 1-14.
- LOVEJOY (C.O.), MEINDL (R.S.), PRYSBECK (T.R.), MENSFORTH (R.P.), 1985b. Chronological metamorphosis of the auricular surface of the ilium : a new method for the determination of adult skeletal age at death. *American Journal of Physical Anthropology*, 68 : 15-28.
- LOVEJOY (C.O.), MEINDL (R.S.), TAGUE (R.G.), LATIMER (B.), 1995. The senescent biology of the hominoid pelvis. *Rivista di Antropologia*, 73 : 31-49.
- LUCKINBILL (L.S.), ARKING (R.), CLARE (M.J.), CIROCCO (W.C.), BUCK (S.A.), 1984. Selection for delayed senescence in *Drosophila melanogaster*. *Evolution*, 38 : 996-1003.
- LUCKINBILL (L.S.), CLARE (M.J.), KRELL (W.L.), CIROCCO (W.C.), RICHARDS (P.A.), 1987. Estimating the number of genetics elements that defer senescence in *Drosophila melanogaster*. *Heredity*, 55 : 9-18.
- LUCY (D.), POLLARD (A.M.), 1995. Further comments on the estimation of error associated with the Gustafson dental age estimation Method. *Journal of Forensic Science*, 40 : 222-227.
- LUCY (D.), POLLARD (A.M.), ROBERTS (C.A.), 1995. A comparison of three dental techniques for estimating age at death in humans. *Journal of Archaeological Science*, 22 : 417-428.
- LUCY (D.), AYKROYD (R.G.), POLLARD (A.M.), SOLHEIM (T.), 1996. A Bayesian approach to adult human age estimation from dental observations by Johanson's age changes. *Journal of Forensic Science*, 41 : 189-194.
- LUSSIER (A.), DE MÉDICIS (R.), 1991. Maladie hyperostotique : nouveau étiopathogénique et clinique. In : Simon L., Hérisson C., Rodineau J (eds). *Pathologie des insertions et enthésopathies*. Masson, Paris, pp. 84-91.
- LUSTED (L.B.), 1962, Application of computers in diagnosis. *Circulation Research*, 11 : 599-606.
- LUSTED (L.B.), 1968. *Introduction to medical decision making*. Charles C. Thomas, Springfield.
- LUSTED (L.B.), 1975. In the process of solution. *New England Journal Medicine*, 292 : 255-265.
- LUSTED (L.B.), LEDLEY (R.S.), 1960. Mathematical models in medical diagnosis. *Journal of Medical Education*, 35 : 214-222.
- LY (D.), 1998. The relationship between osteoarthritis and osteoporosis in the spine. *Clinical Rheumatology*, 17 : 44-46.

- LYNNERUP (N.), VON WOWERN (N.), 1997. Bone mineral content in medieval Greenland Norse. *International Journal of Osteoarchaeology*, 7 : 235-240.
- LYNNERUP (N.), THOMSEN (J.L.), FROHLICH (B.), 1998. Intra- and inter-observer variation in histological criteria used in age at death determination based on femoral cortical bone. *Forensic Science International*, 91 : 219-230.
- MACCHIARELLI (R.), BONDOOLI (L.), 1994. Linear densitometry and digital image processing of proximal femur radiographs : implications for archaeological and forensic anthropology. *American Journal of Physical Anthropology*, 93 : 109-122.
- MAERTENS (M.), MIELANTS (H.), VERSTRAETE (K.), VEYS (E.M.), 1992. Evaluation of the involvement of axial entheses and sacroiliac joints in relation to diagnosis : comparison among Diffuse Idiopathic Skeletal Hyperostosis (DISH), Osteoarthritis and Ankylosing Spondylitis. *Clinical Rheumatology*, 11 : 551-557.
- MANN (R.W.), 1993. A method for siding and sequencing human ribs. *Journal of Forensic Science*, 38(1) : 151-155.
- MAPLES (W.R.), 1978. An improved technique using dental histology for the estimation of adult age. *Journal of Forensic Science*, 23 : 764-770.
- MAPLES (W.R.), 1989. The practical applications of age- estimations techniques. In : Iscan M.Y. (ed), *Age Markers in the human skeletons*. Charles Thomas Publisher : Springfield. pp. 319-324.
- MAPLES (W.R.), RICES (P.M.), 1979. Some difficulties in the Gustafson dental age estimations. *Journal of Forensic Science*, 24 : 168-172.
- MARKS (H.M.), 1997. *The progress of Experiment : Science and Therapeutic. Reform in the United States, 1900-1990*. Cambridge University Press, Cambridge.
- MARTIN (D.L.), ARMELAGOS (G.J.), 1979. Morphometrics of compact bone : an example from Sudanese Nubia. *American Journal of Physical Anthropology*, 51 : 571-578.
- MARTIN (D.L.), GOODMAN (H.), ARMELAGOS (G.J.), 1981. On the use of microstructural bone for age determination. *Current Anthropology*, 22 : 437-438.
- MARTIN (G.M.), Oshima (J.), 2000. Lessons from human progeroid syndromes. *Nature*, 408 : 263-266.
- MARTIN (H.), 1994. *Nouveaux milieux, nouveaux chasseurs : une approche des comportements au post-glaciaire à travers l'étude des saisons de capture du gibier*. Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, 333p.
- MARTIN (H.), 1996. L'analyse du ciment dentaire et la détermination de l'âge des adultes : méthodes et limites. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, ns, 8 : 433-440.
- MASSET (C.), 1975. La mortalité préhistorique. *Cahiers du Centre de Recherches Préhistoriques*, 4 : 63-87.
- MASSET (C.), 1976a. Sur la mortalité chez les anciens Indiens de l'Illinois. *Current Anthropology*, 17 : 128-132.
- MASSET (C.), 1976b. Sur quelques fâcheuses méthodes de détermination de l'âge des squelettes. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, série XIII, : 329-336.

- MASSET (C.), 1982. *Estimation de l'âge au décès par les sutures crâniennes*. Thèse de Doctorat d'Etat : Université Paris I, 301p.
- MASSET (C.), 1990. Où en est la paléodémographie ? *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, ns, 2 : 109-122.
- MASSET (C.), 1993. Encore l'âge des adultes. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, ns, 5 : 217-224.
- MATKOVIC (V.), JELIC (T.), WARDLAW (G.M.), ILICH (J.Z.), GOEL (P.K.), WRIGHT (J.K.), ANDON (M.K.), SMITH (K.T.), HEANEY (R.P.) 1994. Timing of peak bone mass in caucasian females and its implication for the prevention of osteoporosis. *Journal of Clinical Investigation*, 93 : 799-808.
- MATTHEWS (J.R.), 1995. *Quantification and the Quest for Medical Certainty*. Princeton University Press, Princeton.
- MAUGARS (Y.), MATHIS (C.), PROST (A.), 1992. L'arthrose sacro-iliaque. In : Simon L. et Herisson C. (eds), *La pathologie de la sacro-iliaque*. Masson, Paris, pp. 172-179.
- MAYS (S.), 1998. *The Archeology of Human Bones*. Routledge : London.
- MAYS (S.), 2000. Age-dependant cortical bone loss in women from the 18th and early 19th century. *American Journal of Physical anthropology*, 112 : 349-361.
- MC BRIDGE (D.G.), 2001. A longitudinal pilot study of age estimation from dental radiographs. *American Journal of Physical Anthropology*, suppl. 32 : 104-105.
- MC CORMICK (W.F.), 1980. Mineralization of the costal cartilages as an indicator of age : preliminary observations. *Journal of Forensic Science*, 25 : 736-741.
- MC CORMICK (W.F.), STEWART (J.H.), 1988. Age related changes in the human plastron : a roentgenographic and morphologic study. *Journal of Forensic Science*, 33 : 100-120.
- MC DONALD (G.R.), HUNT (T.E.), 1952. Sacro-iliac joints : observations on the gross and histologic changes in the various age groups. *Canadian Medical Association Journal*, 66 : 157-163.
- MC KAY (H.A.), PETIT (M.A.), KHAN (K.M.), SCHUTZ (R.W.), 2000. Lifestyle determinants of bone mineral : a comparison between prepubertal Asian- and Caucasian-Canadian boys and girls. *Calcified Tissue International*, 66 : 320-324.
- MC KERN (T.W), STEWART (T.W.), 1957. Skeletal age changes in young American males. Analysis from the stand point of age identification. *Environmental Protection Research Division, Technical Report n°EP45*.
- MEDAWAR (P.B.), 1952. *An Unsolved Problem of Biology*. Lewis, London.
- MEINDL (R.S.), LOVEJOY (C.O.), 1985. Ectocranial suture closure : a revised method for the determination of skeletal age at death based on the lateral-anterior sutures. *American Journal of Physical Anthropology*, 68 : 57-66.
- MEINDL (R.S.), LOVEJOY (C.O.), MENSFORTH (R.P.), WALKER (R.A.), 1985. A revised method of age determination using the os pubis, with a review and tests of accuracy of other current methods of pubic symphyseal aging. *American Journal of Physical Anthropology*, 68 : 29-45.

MEINDL (R.S.), RUSSEL (K.F.), LOVEJOY (C.O.), 1990. Reliability of age at death in the Hamann-Todd Collection : validity of subselection procedures used in blind tests of the summary age technique. *American Journal of Physical Anthropology*, 83 : 349-357.

MEINDL (R.S.), BEDFORD (M.E.), RUSSEL (K.F.), LOVEJOY (C.O.), SIMPSON (S.W.), 1995. Testing the test of the multifactorial aging method : a reply to Fairgrieve and Oost. *American Journal of Physical Anthropology*, 97 : 85-86.

MEINDL (R.S.), RUSSEL (K.F.), 1997. Recent advances in method and theory in paleodemography. *Annual Revue Anthropology*, 27 : 375-399.

MENKES (C.J.), 1995. Le contexte étiologique. In : Lequesne M. et Menkes C.J. (eds), *Atlas de l'arthrose*. Negma Laboratoire, pp. 66-71.

MENSFORTH (R.P.), LOVEJOY (C.O.), 1985. Anatomical, physiological and epidemiological correlates of the aging process : a confirmation of multifactorial age determination in the Libben skeletal population. *American Journal of Physical Anthropology*, 68 : 87-106 .

MENSFORTH (R.P.), LATIMER (B.M.), 1989. Hamann-Todd Collection aging studies : osteoporosis fracture syndrome. *American Journal of Physical Anthropology*, 80 : 461-479.

MILES (A.E.W.), 1963. Dentition in the estimation of age. *Dental Research*, 42 : 255-263.

MILNER (G.R.), WOOD (J.W.), BOLDSSEN (J.L.), 2000. Paleodemography. In : Katzenberg M.A. et Saunders S.R. (eds), *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. Wiley-Liss, New York, pp. 467-497.

MITTLER (D.M.), SHERIDAN (S.G.), 1992. Sex determination in subadults using auricular surface morphology : a forensic science perspective. *Journal of Forensic Science*, 37 : 1068-1075.

MIYAWAKI (S.), FORBES (D.P.), 1987. The morphologic and biomechanical effects of tensile force application to the interparietal suture of the Sprague-Dawley rat. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopaedics*, 92 : 122-123.

MOLLESON (T.), 1993a. The human remains. In : Farwell D.E., Molleson T. (eds), *Poundbury, vol. II : the cemeteries*, Dorset Natural History and Archaeological Society, Monograph series n°11 : 142-213.

MOLLESON (T.), 1993b. L'échantillon de la population de Spitalfields : indications pour le taux de vieillissement ou indice de sélection. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, ns, 5 : 283-292.

MOLLESON (T.), 1995. Rates of ageing in the eighteenth century. In : Saunders S.R., Herring A. (eds). *Grave Reflections : Portraying the Past Through Cemetery Studies*. Canadian. Scholars'Press, Toronto, pp. 199-222.

MOLLESON (T.), COX (M.), 1993. *The Spitafields project* (volume 2-Anthropology). CBA Research Report, 86 : 167-179.

MOLNAR (S.) 1971. Human tooth wear, tooth function and cultural variability. *American Journal of Physical Anthropology*, 34 : 175-190.

MOORE (R.J.), FAZZALARI (N.L.), MANTEY (B.A.), VERNON-ROBERTS (R.), 1994. The relationship between head-neck-shaft angle, calcar width, articular cartilage thickness and bone volume in arthrosis of the hip. *British Journal of Rheumatology*, 33 : 432-436.

- MORRIS (A.P.), WHITTAKER (J.C.), BALDING (D.J.), 2000. Bayesian fine –scale mapping of disease loci, by hidden Markov models. *American Journal of Human Genetics*, 67 : 115-169.
- MOSS (M.L.), 1960. Inhibition and stimulation of sutural fusion in the rat calvaria. *Anatomical Record*, 242 : 21-28.
- MOST (D.), LEVINE (J.P.), CHANG (J.), SUNG (J.), MC CARTHY (J.G.), SCHENDEL (S.A.), LONGAKER (M.T.), 1998. Studies in cranial suture biology : up-regulation of transforming growth factor-beta 1 and basic fibroblast growth factor mRNA correlates with posterior frontal cranial suture fusion in the rat. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 101(6) : 1431-1440.
- MOTULSKY (H.), 1995. *Intuitive Biostatistics*. Oxford University Press, New York.
- MOYZIS (R.K.), 1991. The human telomere. *Scientific American*, 265 : 48-55.
- MULHERN (D.M.), 2000. Rib remodeling dynamics in a skeletal population from Kulubnarti, Nubia. *American Journal of Physical Anthropology*, 111 : 519-530.
- MURAIL (P.), 1996. *Biologie et Pratiques funéraires des populations d'époque historique : une démarche méthodologique appliquée à la nécropole gallo-romaine de Chantambre*. Thèse de Doctorat, Université Bordeaux 1, 267p, inédit.
- MURAIL (P.), BRUZEK (J.), BRAGA (J.), 1999. A new approach to sexual diagnosis in past populations. Practical adjustments from Van Vark's procedure. *International Journal of Osteoarchaeology*, 9 : 39-53.
- MURPHEY (M.D.), WETZEL (L.H.), BRAMBLE (J.M.), LEVINE (E.), SIMPSON (K.M.), LINDSLEY (H.B.), 1991. Sacroiliitis : MR imaging findings. *Radiology*, 180 : 239-244.
- MURPHY (T.), 1959. The changing pattern of dentine exposure in human tooth attrition. *American Journal of Physical Anthropology*, 17 : 167-178.
- MURRAY (K.A.), MURRAY (T.), 1991. A test of the auricular surface aging Technique. *Journal Forensic Science*, 36 : 1162-1169.
- NAITOU (K.), KUSHIDA (K.), TAKAHASHI (M.), OHISHI (T.), INOUE (T.), 2000. Bone mineral density and bone turnover in patients with knee osteoarthritis compared with generalized osteoarthritis. *Calcified Tissue International*, 66 : 325-329.
- NEYMAN (J.), PEARSON (E.), 1933. On the problem of the most efficient tests of statistical hypotheses. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Series A*, 231 : 289-337.
- NKHUMELANI (F.S.), RAUBENHEIMER (E.), MONTEITH (B.D.), 1989. Gustafson's method for age determination revised. *The Journal of Forensic Odonto-Stomatology*, 7 : 13-16.
- NORDIN (B.E.C.), POLLEY (K.J.), 1987. Metabolic consequences of the menopause. *Calcified Tissue International*, 41 (suppl 1) : 1-59.
- NOWELL (G.W.), 1978. An evaluation of the Miles method of ageing using the Tepe Hissar dental sample. *American Journal of Physical Anthropology*, 49 : 271-276.
- NUTI (R.), MARTINI (G.), 1993. Effects of age and menopause on bone density of entire skeleton in healthy and osteoporotic women. *Osteoporosis International*, 3 : 59-65.
- OETTLÉ (A.C.), STEYN (M.), 2000. Age Estimation from sternal ends of ribs by phase analysis in South African Blacks. *Journal of Forensic Science*, 45 : 1071-1079.

- ONGPHIPHADHANKUL (B.), RAJATANAVIN (R.), CHAILURKIT (L.), PIASEU (N.), TEERARUNGSIKUL (K.), SIRISRIRO (R.), KOMINDR (S.), PAUVILAI (G.), 1997. Prediction of low bone mineral density in postmenopausal women in artificial neural network model compared to logistic regression model. *Journal of Medical Association of Thailand*, 80 : 508-515.
- OPPERMAN (L.A.), NOLEN (A.A.), OGLE (R.C.), 1997. TGF-beta 1, TGF-beta2, TGF beta 3 exhibit distinct patterns of expression during cranial suture formation and obliteration in vivo and in vitro. *Journal of Bone and Mineral research*, 12 : 301-310.
- ORTNER (D.J.), PUTSHAR (W.G.J), 1981. *Identification Pathological Conditions in Human Skeletal Remains*. Smithsonian Institution Press : Washington.
- OWING WEBB (P.A.), SUCHEY (J.M.), 1985. Epiphyseal union of the anterior iliac crest and medial clavicle in a modern multiracial sample. *American Journal of Physical Anthropology*, 68 : 457-466.
- PAL (G.P.), TAMANKAR (B.P.), 1983. Preliminary study of age changes in Gujarati (Indian) pubic bones. *Indian Journal of Medical Research*, 78 : 694-701.
- PAQUIN (J.D.), REST (M.), MARIE (J.P.), MORT (J.S.), PIDOUX (I.), POOLE (A.R.), ROUGHLEY (P.J.), 1983. Biomechemical and morphologic studies of cartilage from the adult human sacroiliac joint. *Arthritis Rheumatism*, 26 : 887-895.
- PAOLAGGI (J.B.), GOUTET (M.C.), STRUTZ (P.), SIAUD (J.R.), LE PARC (J.M.), AUQUIER (L.), 1984. Les enthèses dans la spondylarthrite ankylosante. Incidence, descriptions cliniques, radiologiques et anatomiques. Etat de la question. A propos de 37 cas. *Revue du Rhumatisme et des Maladies Osteoarticulaires*, 51: 457-62.
- PARFITT (A.M.), HAN (Z.H.), PALNITKAR (S.), SUKHAKER (R.D.), SHIH (M.S.), NELSON (D.), 1997. Effects of ethnicity and age or menopause on osteoblast function, bone mineralisation and osteoid accumulation in iliac bone. *Journal of Bone and Mineral Research*, 12 : 1864-1873.
- PARKER (D.B.), 1985. *Learning logic*. Technical report TR-47, Center for Computational Research in Economics and Management Science, Massachussets Institute of Technology, Cambridge.
- PARZEN (E.), 1962. On estimation of a probability density function and mode. *Annals of Mathematical Statistics*, 33 : 1065-1076.
- PASQUIER (E.), LUC DE SAINT MARIN PERNOT (L.), BURDIN (V.), MOUNAYER (C.), LE REST (C.), COLIN (D.), MOTTIER (D.), ROUX (C.), BACCINO (E.), 1999. Determination of age at death : assessment of an algorithm of age prediction using numerical three-dimensional CT data from pubic bones. *American Journal of Physical Anthropology*, 108 : 261-268.
- PAVELKA (M.S.M.), FEDIGAN (L.M.), 1991. Menopause : a comparative life history perspective. *Yearbook of Physical Anthropology*, 34 : 13-38.
- PEEL (N.F.), BARRINGTON (A.N.), BLUMSOHN (A.), COLWELL (A.), HANNON (R.), EASTELL (R.), 1996. Bone mineral density and bone turnover in spinal osteoarthritis. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 54 : 867-871.
- PENNY (W.), FROST (D.), 1996. Neural networks in clinical medicine. *Medical Decision Making*, 16 : 386-398.
- PENSLER (J.M.), LEDESMA (D.F.), HIJAWI (J.), RADOSEVICH (J.A.), 1995. Plagiocephaly : premature unilateral closure of the coronal suture : a potentially localized disorder of cellular metabolism. *Annals of Plastic Surgery*, 32 : 160-165.

- PERIZONIUS (W.R.K.), 1984. Closing and non-closing sutures in 256 crania of known age and sex from Amsterdam. *Journal of Human Evolution*, 13 : 201-216.
- PERSSON (M.), MAGNUSSON (B.C.), THILANDER (B.), 1978. Sutural closure in rabbit and man : a morphological and histochemical study. *Journal of Anatomy*, 125 : 313-321.
- PETERLIK (M.), 1997. Aging, neuroendocrine function, and osteoporosis. *Experimental Gerontology*, 32 : 577-586.
- PEYRON (J.G.), 1987. Epidémiologie et génétique. In : Simon L. et Loyau-Masson G. (eds), *L'arthrose : perspectives et réalités*. Masson, Paris, pp 12-17.
- PEYRON (J.G.), ALTMAN (R.D.), 1992. The epidemiology of osteoarthritis. In : Moskowitz R., Howell DS, Goldberg V., Mankin G. (eds), *Osteoarthritis, Diagnosis and Medical, Surgical Management*, 2nd edition. Saunders Compagny : Philadelphia, pp. 15-38.
- PFEIFFER (S.), 1986. Morbidity and mortality in the Uxbridge ossuary. *Canadian Journal of Anthropology*, 5 : 23-31.
- PFEIFFER (S.), LAZENBY (R.), CHIANG (J.), 1995. Brief communication : cortical remodeling data are affected by sampling location. *American Journal of Physical Anthropology*, 96 : 89-92.
- PHILLIPS (L.D.), 1973. *Bayesian statistics for social scientists*. Thomas Nelson and Sons, London.
- PILZ (W.), 1959. Das Transparenzphänomen der Zahnwurzels als ein Ausdruck der Biomorphose des menschlichen Dentins. *Zeitschrift für Altersforschung*, 13 : 139-152.
- PIONTEK (J.), WEBER (A.), 1990. Controversy on paleodemography. *International Journal of Anthropology*, 5 : 71-83.
- PITKIN (H.C.), PHESANT (H.C.), 1935. Sacroarthrogenetic telalgia. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 18 : 365-374.
- POCOCK (N.), EISMAN (J.), GWINN (T.), SAMBROOK (P.), KELLY (P.), FREUND (J.), YEATES (M.), 1989. Muscle strength, physical fitness, and weight but not age predict femoral neck bone mass. *Journal of Bone and Mineral Research*, 4 : 441-447.
- POLI (R.), CAGNONI (S.), LIVI (R.), COPPINI (G.), VALLI (G.), 1991. A neural network expert system for diagnosis and treating hypertension. *Computer*, 64-71.
- POLLITZER (W.S.), ANDERSON (J.J.B.), 1989. Ethnic and genetic differences in bone mass : a review with a hereditary vs environmental perspective. *American Journal of Clinical Nutrition*, 50 : 1244-1259.
- PULLAR (T.), WRIGHT (V.), 1991. Diseases of the joints. In : Pathy M.S.J (ed), *Principles and Practice of Geriatric Medicine*. John Wiley and Sons, Chichester, pp.1237.
- PUTSCHAR (W.G.J.), 1976. The structure of the human symphysis pubis with special consideration of Rao NG, Pai LM 1988 costal cartilage calcification pattern : a clue for establishing sex identity. *Forensic Science International*, 38 : 193-202.
- RAVAUD (P.), AULELEY (G.R.), 1996. Causes et profils évolutifs des arthroses. *La revue du Praticien*, 46 : 2173-2177.

- REIBNEGGER (G.), WEISS (G.), WERNER-FELMAYER (G.), JUDMAIER (G.), WACHTER (H.), 1991. Neural networks as a tool for utilising laboratory information : comparison with linear discriminant analysis and with classification and regression trees. *Proceedings National Academical Sciences, USA*, 88 : 11426-11430.
- RESNICK (D.), NIWAYAMA (G.), GOERGEN (T.G.), 1975. Degenerative disease of the sacro-iliac joint. *Investigative Radiology*, 10 : 608-621.
- RESNICK (D.), NIWAYAMA (G.), GOERGEN (T.G.), 1977. Comparison of radiographic abnormalities of the sacroiliac joint in degenerative disease and ankylosing spondylitis. *American Journal of Roentgenology*, 128 : 189-196.
- RESNICK (C.S.), RESNICK (D.), 1985. Radiology of disorders of the sacroiliac joints. *Journal of American Medical Association*, 253 : 2863-2866.
- RESNICK (D.), NIWAYAMA (G.), 1988. *Diagnosis of bone and joint disorders. Articular Diseases*. Vol 3. WB Saunders, Philadelphia.
- RILEY (M.W.), 1979. *Aging from birth to death : Interdisciplinary perspectives*. Westview Press, Boulder, Colo.
- RIZZOLI (R.), BONJOUR (J.P.), 1999. Determinants of peak bone mass and mechanisms of bone loss. *Osteoporos International*, suppl. 2 : S17-S23.
- ROBLING (A.G.), STOUT (S.D.), 2000. Histomorphometry of human cortical bone : applications to age estimation. In : Katzenberg M.A. et Saunders S.R. (eds). *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. Wiley-Liss, New York, pp. 187-205.
- ROCHA (M.A.), 1995. Les collections ostéologiques humaines identifiées du Musée Anthropologique de l'Université de Coimbra. *Antropologia Portuguesa*, 13 : 7-38.
- ROCHE (A.F.), CHUMLEA (W.C.), THISSEN (D.), 1988. *Assessing the Skeletal Maturity of the Hand-Wrist : Fels Method*. Charles Thomas : Springfield.
- ROGERS (T.), 1990. A test of the auricular surface method of estimating age-at-death and a discussion of its usefulness in the construction of paleodemographic life tables. Presented at the 18th annual meeting of the Canadian Association of Physical Anthropology, Banff, Alberta.
- ROSE (M.R.), 1984. Laboratory evolution of postponed senescence in *Drosophila melanogaster*. *Evolution*, 38 : 1004-1010.
- ROSE (M.R.), 1985. Life history evolution with antagonistic pleotripy and overlapping generations. *Theoretical Population Biology*, 28 : 342.
- ROSE (M.R.), 1991. *Evolutionary Biology of Aging*. Oxford University Press : New York.
- ROSE (M.R.), CHARLESWORTH (B.), 1981. Genetics of life history in *Drosophila melanogaster*. I. Sib analysis of adult females. *Genetics*, 97 : 173-186.
- ROSENBLATT (F.), 1961. *Principles of neurodynamics*. Spartan Books, Washington.
- RÖSING (F.W.), KVAAL (S.I.), 1998. Dental age in adults- a review of estimation methods.. In : Alt K.W., Rösing F.W., Teschler-Nicola M. (eds), *Dental Anthropology. Fundamentals, Limits, and Prospects*. Springer Wien, New York, pp.443-468.

- ROUGE (D.), TELMON (N.), LARROUY (G.), DUDAY (H.), CRUBEZY (E.), ARBUS (L.), 1992. Comparaison des critères visuels du pubis lors de la détermination de l'âge des individus au moment de la mort. *Journal de Médecine Légale et Droit médical*, 35 : 359-363.
- ROUGE (D.), 1993. *Détermination du sexe et de l'âge de l'adulte au décès à partir des restes osseux : apports méthodologiques appliqués à l'étude des nécropoles médiévales*. Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, 478p, inédit.
- RUDMAN (K.), DRINKA (P.J.), WILSON (C.R.), MATTSON (D.E.), SCHERMAN (F.), CUISINIER (M.C.), SCHULTZ (S.), 1994. Relations of endogenous anabolic hormones and physical activity to bone mineral density and lean body mass in elderly men. *Clinical Endocrinology*, 40 : 653-661.
- RUFF (C.B.), HAYES (C.W.) 1982. Subperiosteal expansion and cortical remodeling of the human femur and tibia with aging. *Science*, 217 : 945-947.
- RUFF (C.B.), HAYES (C.W.), 1983. Cross-sectional geometry of Pecos Pueblo femora and tibiae- A biomechanical investigation. *American Journal of Physical Anthropology*, 60 : 381-399.
- RUMELHART (D.), HINTON (G.), WILLIAMS (R.), 1986. Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, 323 : 533-536.
- RUSSEL (K.F.), SIMPSON (S.W.), GENOVESE (J.), KINKEL (M.D.), MEINDL (R.S.), LOVEJOY (C.O.), 1993. Independent test of fourth rib aging technique. *American Journal of Physical Anthropology*, 92 : 53-62.
- RYCKEWAERT (A.), 1989. Le tissu osseux. In : Ryckewaert A.(ed), *Rhumatologie. Pathologie osseuse et articulaire*. Flammarion, Paris, pp. 3 -25.
- SAMUEL (C.S.), BUTKUS (A.), COGHLAN (J.P.), BATEMAN (J.F.), 1996. The effect of relaxin on collagen metabolism in the non pregnant rat pubic symphysis. *Endocrinology*, 137 : 3884-3890.
- SANSON (C.), BRANIGAN (K.), 1987. A new method of estimating age at death from fragmentary and weathered bone. In : Garland (A.N.), Janaway (R.C.), *Death, Decay and Reconstruction*. Manchester University Press, Manchester, pp. 101-108.
- SANTOS (A.L.), 1996. How old is this pelvis ? A comparison of age at death estimation using the auricular surface of the ilium and os pubis. *Aspects of African Archeology*. Papers from the 10th Congress of the Pan African Association for Prehistory and Related Studies, pp.29-36.
- SASHIN (D.), 1930. A critical analysis of the anatomy and the pathologic changes of the sacro-iliac joints. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 12 : 891-910.
- SAUNDERS (S.R.), FITZGERALD (C.), ROGERS (T.), DUDAR (C.), MCKILLOP (H.), 1992. A test of several methods of skeletal age estimation using a documented archaeological sample. *Canadian Society of Forensic Science*, 25 : 97-118.
- SAUNDERS (S.), DE VITO (C.), HERRING (A.), SOUTHERN (R.), HOPPA (R.), 1993. Accuracy tests of tooth formation age estimations for human skeletal remains. *American Journal of Physical Anthropology*, 92 : 173-188.
- SAUNDERS (S.R.), HERRING (D.A.), BOYCE (G.), 1995. Can skeletal samples accurately represent the living populatin they come from. The St. Thomas' cemetery site, Belleville, Ontario. In : Grauer A. (Ed.), *Bodies of evidence : Reconstructing History through Skeletal Analysis*. Wiley Liss, New-York, pp. 69-91.

- SAYEGH (F.S.), REED (A.J.), 1968. Calcifications of the dental pulp. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 25 : 873-882.
- SCADDING (J.G.), 1959. Diagnosis : the clinician and the computer. *The Lancet*, 2 : 877-882.
- SCHÄCHTER (F.), 1998. Causes, effects and constraints in the genetics of human longevity. *American Journal of Human Genetics*, 62 : 1-9.
- SCHRANZ (D.), 1959. Age determination from the internal structure of the humerus. *American Journal of Physical Anthropology*, 24 : 273-279.
- SCHMITT (A.), BROQUA (C.), 2000a. Approche probabiliste pour estimer l'âge au décès à partir de la surface auriculaire de l'ilium. *Bulletins et Memoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, ns, 12 : 279-301.
- SCHMITT (A.), BROQUA (C.), 2000b. Bayesian prediction of adult age at death assessment on multiple indicators. *American Journal of Physical Anthropology*, suppl. 30 : 272-273.
- SCHUNKE (G.B.), 1938. The anatomy and development of the sacro-iliac joint in man. *Anatomical Record*, 72 : 313-331.
- SCOTT (E.C.), 1979. Dental wear scoring technique. *American Journal of Physical Anthropology*, 51 : 213-218.
- SEEMAN (E.), 1997. From density to structure : growing up and growing old on the surfaces of bone. *Journal of Bone and Mineral Research*, 12 : 509-520.
- SELLIER (P.), 1989. Hypotheses and estimators for the demographic interpretation of the Chalcolithic population from Mehrgarh, Pakistan. *East and West*, 39 : 11-42.
- SELLIER (P.), 1996. La mise en évidence d'anomalies démographiques et leur interprétation : population, recrutement et pratiques funéraires du tumulus de Courtesoult. In : Pinigre J.F. (ed), *Le tumulus de courtesoult (Haute-Saône) et le premier âge du fer dans le bassin supérieur de la Saône*. Maison des sciences de l'homme, Paris, pp. 188-202.
- SEMINÉ (A.), DAMON (A.), 1975. Costochondral ossification and aging in five populations. *Human Biology*, 47 : 101-116.
- SHOEMAKER (J.S.), PAINTER (I.S.), WEIR (B.S.), 1999. Bayesian statistics in genetics. *Trends in Genetics*, 15 : 354-358.
- SIMKIN (A.), AYALON (J.), LEICHTER (I.), 1987. Increased trabecular bone density due to bone loading exercises in postmenopausal women. *Calcified Tissue International*, 40 : 59-63.
- SIMMONS (D.J.), 1990. *Nutrition and Bone development*. Oxford University Press, New York.
- SIMMONS (T.), TUCO (V.), KESETOVIC (R.), CIHLARZ (Z.), 1999. Are morphological phase indicators of age estimation universal ? Revising the standards for a Bosnian forensic population. *American Journal of Physical Anthropology*, suppl 28 : 252.
- SIMON (C.), 1986. Evolution de la synostose des sutures crâniennes dans quelques populations anciennes. In : Masset C. et Duda H. (eds), *Anthropologie physique et Archéologie*. Edition du CNRS, Paris, pp. 239-244.
- SINGH (I.J.), GUNBERG (D.L.), 1970. Estimation of age at death in human males from quantitative histology of bone fragments. *American Journal of Physical Anthropology*, 33 : 373-382.

- SINHA (A.), GUPTA (V.), 1995. A study on estimation of age from pubic symphysis. *Forensic Science International*, 75 : 73-78.
- SIVEN (C.H.), 1991. On estimating mortalities from osteological age data. *International Journal of Anthropology*, 6 : 97-110.
- SLAUS (M.), 2000. Biocultural analysis of sex differences in mortality profiles and stress levels in the late medieval population from Nova Raca, Croatia. *American Journal of Physical Anthropology*, 111 : 193-209.
- SNOW (C.C.), 1983. Equations for estimation age at death from the pubic symphysis : a modification of the Mc Kern-Stewart method. *Journal of Forensic Science*, 28 : 864-870.
- SOLHEIM (T.), 1988. Dental attrition as an indicator of age. *Gerodontology*, 4 : 299-304.
- SOLHEIM (T.), 1990. Dental cementum apposition as an indicator of age. *Scandinavian Journal of Dental Research*, 98 : 510-519.
- SOLHEIM (T.), 1992. Amount of secondary dentin as an indicator of age. *Scandinavian Journal of Dental Research*, 100 : 193-199.
- SOHLEIM (T.), 1993. A new method for dental age estimation in adults. *Forensic Science International*, 59 : 137-147.
- SOLHEIM (T.), 1998. Degeneration in dental hard tissues and pulp. In : Alt K.W., Rösing F.W., Teschler-Nicola M. (eds), *Dental Anthropology, Fundamentals, Limits, and Prospects*. Springer Wien New York, pp.469-478.
- SOLHEIM (T.), KVAAL (S.), 1993. Dental root surface structure as an indicator of age. *Journal for Odonto-Stomatology*, 11 : 9-21
- SOUAIBY (N.), 1999. *Evaluation et tentative d'amélioration de la méthode d'Isca pour la détermination de l'âge de la mort à partir de l'étude de l'articulation chondro-costale chez l'homme*. Diplôme d'Université, Université René Descartes, Département Universitaire de Médecine Légale et Droit légal, 40p, inédit.
- SPERINO (G.), 1931. *Anatomica Umana*. Unione tipografico-Editrice Torinese, Torino.
- SPIEGELHALTER (D. J.), MYLES (J.P.), JONES (D.R.), ABRAMS (K.R.), 1999. An introduction to bayesian methods in health technology assessment. *British Medical Journal*, 319 : 508-512.
- STEIN (T.J.), CORCORAN (J.F.), 1994. Paradicular cementum deposition as a criterion for age estimation in human beings. *Oral Surgery, Oral Medecine, Oral Pathology*, 77 : 266-270.
- STEWART (A.), BLACK (A.), ROBINS (S.P.), REID (D.M.), 1999. Bone density and bone turnover in patients with osteoarthritis and osteoporosis. *Journal of Rheumatology*, 26 : 622-626.
- STEWART (J.H.), MC CORMICK (W.F.), 1984. A sex- and age- limited ossification pattern in human costal cartilages. *American Journal of Clinical Pathology*, 81 : 765-769.
- STEWART (T.D.), 1957. Distortion of pubic symphyseal in females and its effect on age determination. *American Journal of Physical Anthropology*, 15 : 9-18.
- STEWART (T.D.), 1958. The rate of development of vertebral osteoarthritis in American whites and its significance in skeletal age identification. *Leech*, 28 : 114-151.

STEWART (T.D.), 1984. Pathologic changes in aging sacroiliac joints. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 183 : 188-195.

STOUT (S.D.), 1978. Histological structure and its preservation in ancient bone. *Current Anthropology*, 19 : 601-603.

STOUT (S.D.), 1989. Histomophometric analysis of human skeletal remains. In : Iscan M.Y.et Kenneth A.R.(eds), *Reconstruction of Life from the Skeleton*. Wiley-Liss, New-York, pp.41-52.

STOUT (S.), SIMMONS (D.), 1979a. Metabolic disturbance and use of histology in ancient bone research. *Yearbook Journal of Anthropology*, 22 : 228-249

STOUT (S.D.), SIMMONS (D.J.), 1979b. Use of histology in ancient bone research. *Yearbook of Physical Anthropology*, 44 :263-270.

STOUT (S.D.), STANLEY (S.C.), 1991. Percent osteonal bone versus osteon counts : the variable of choice for estimating age at death. *American Journal of Physical Anthropology*, 86 : 515-519.

STOUT (S.D.), PAINE (R.R.), 1992. Brief communication : histological age estimation using rib and clavicle. *American Journal of Physical Anthropology*, 87 : 111-115.

STOUT (S.D.), DIETZE (W.H.), ISCAN (M.Y.), LOTH (S.R.), 1994. Estimation of age at death using cortical histomorphology of the sternal end of the fourth rib. *Journal of Forensic Science*, 39 : 778-784.

STOUT (S.D.), LUECK (R.), 1995. Bone remodeling rates and skeletal maturation in three archaeological skeletal populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 98 : 161-171.

SUCHEY (J.M.), 1979a. Problems in the aging of females using the os pubis. *American Journal of Physical Anthropology*, 51 : 467-470.

SUCHEY (J.M.), 1979b. Analysis of dorsal pitting in the os pubis in an extensive sample of modern american females. *American Journal of Physical Anthropology*, 51 : 517-523.

SUCHEY (J.M.), WISELEY (D.V.), NOGUSHI (T.T.), 1979. Age changes in the female os pubis. *31st Annual meeting of the American Academy of Forensic Science*. Atlanta.

SUCHEY (J.M.), WISELEY (D.V.), NOGUSHI (T.T.), 1981. Age changes in the female os pubis in an extreme sample of modern american female. *33rd Annual meeting of American Academy of Forensic Science*. Los Angeles.

SUCHEY (J.M.), BROOKS (S.T.), 1986. *Instruction for use of Suchey-Brooks system for age determination of the male os pubic*. Instructional materials accompanying male pubic symphyseal models of the Suchey-Brooks system. Distribué par France Casting; Diane France, 2190 West Drake Road, Suite 259, fort Collins, Colorado 80526.

SUCHEY (J.M.), KATZ (D.), 1986a. Age determination of the male pubic bones. *American Journal of Physical Anthropology*, 69 : 269.

SUCHEY (J.M.), KATZ (D.), 1986b. Skeletal age standards derived from an extensive multiracial sample of modern americans. *Annual meeting of the American Association of Physical Anthropologists*, Albuquerque April, 1986.

SUCHEY (J.M.), WISELEY (D.V.), KATZ (D.), 1986. Evaluation of the Todd and Mc Kern Stewart methods for aging the male Os Pubis. In : Reichs KJ (ed), *Advances in the Identification on Human Remains*. Charles Thomas Publischer, Springfield, pp. 33-67.

- SUREAU (P.), 1959. Notions nouvelles sur l'anatomie et la physiopathologie de l'articulation sacro-iliaque. *Presse Médicale*, 67 : 947-948.
- SUSANNE (C.), 1986. Sénescence : effets anthropologiques. In : Ferembach D., Susanne C., Chamla M.C. (eds), *L'Homme, son évolution, sa diversité*, 3rd édition. Edition du CNRS, Paris, pp. 369-382.
- SUTHERLAND (L.D.), SUCHEY (J.M.), 1991. Use of the ventral arc in pubic sex determination. *Journal of Forensic Science*, 36 : 501-511.
- SUZMAN (R.M.), WILLIS (D.P.), MANTON (K.G.), 1992. *The Oldest Old*. Oxford University Press, New York.
- SZILVASSY (J.), 1980. Age determination on the sternal articular faces of the clavícula. *Journal of Human Evolution*, 9 : 609-610.
- SZULC (P.), MARCHAND (F.), DUBOEUF (F.), DELMAS (P.D.), 2000. Cross-sectional assessment of age-related bone loss in men the MINOS study. *Bone*, 26 : 123-129.
- TAGUE (R.G.), 1990. Morphology of the pubis and preauricular area in relation to parity and age at death in Macaca mulatta. *American Journal of Physical Anthropology*, 82 : 517-525.
- TEALE (C.), ROMANIUK (C.), MULLEY (G.), 1989. Calcification on chest radiographs : the association with age. *Age Ageing*, 18 : 333-336.
- TELMON (N.), ROUGE (D.), BRUGNE (J.F.), SEVIN (A.), LARROUY (G.), ARBUS (L.), 1993. Critères ostéoscopiques d'exploration du vieillissement, l'exemple de la nécropole médiévale de Saint Etienne de Toulouse. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, ns, 5 : 293-300.
- THEUREAU (C.), 1996. Proposition pour améliorer l'évaluation de l'âge au décès des adultes à partir de plusieurs indicateurs pris sur le squelette. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, ns, 8 : 441-450.
- THOMPSON (D.D.), 1979. The core technique in the determination of age at death in skeletons. *Journal of Forensic Science*, 24 : 902-915.
- THOMPSON (D.D.), GUNESS-HEY (M.), 1981. Bone Mineral Osteon Analysis of Yupik-Inupiaq Skeletons. *American Journal of Physical Anthropology*, 55 : 1-7.
- Todd (T.W.), 1920. AGE CHARACTERS OF THE PUBIC BONE. *ANATOMICAL RECORD*, 18 : 264-265.
- Tood (T.W.), 1921. AGE CHANGES IN THE PUBIC BONE. *AMERICAN JOURNAL OF PHYSICAL ANTHROPOLOGY*, 4 : 1-70.
- TODD (T.W.), 1923. Age changes in the pubic symphysis VII : the anthropoid strain in human pubic symphyses of the third decade. *Journal of Anatomy*, 57 : 274-294.
- TORNECK (C.D.), 1990. The clinical significance and management of calcific pulp obliteration. *Alpha-Omega*, 83 : 50-54.
- TOUZET (C.), 1992. *Les réseaux de neurones artificiels. Introduction au connexionisme*. Eerie, Nanterre.
- UBELAKER (D.H.), 2000. Methodological consideration in the forensic applications of human skeletal biology. In : Katzenberg M.A., Saunders S.R. (eds). *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. Wiley-Liss, New York., pp. 41-67.

ULIJASEK (S.), 1999. The human life span. In : Uliaszek S.J., Johnston F.E., Preece M.A.(eds), *The Cambridge encyclopedia of human growth and development*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 413-485.

URIS (M.R.), 1960. Observations bearing on the problem of osteoporosis. In : Bodahl K. (ed), *Bone as a tissue*. Mc Graw-Hill, New York, pp. 18-23.

USHER (B.M.), BOLDSSEN (J.J.), HOLMAN (D.), 2000. Age estimation at Tirup Cemetery : an application of the transition analysis method. *American Journal of Physical Anthropology*, suppl 30 : 307.

VAN GERVEN (D.P.), ARMELAGOS (G.J.), 1983. "Farewell to paleodemography?" Rumours of its death have been greatly exaggerated. *Journal of Human Evolution*, 12 : 353-360.

VAN REENEN (J.F), 1982. The effects of attrition on tooth dimensions of San (Bushmen). In : Kurten B (ed), *Teeth : form, function and evolution*. Columbia University Press, New York, pp.182-203.

VAUPEL (J.W), YASHIN (A.I), 1985. Heterogeneity's ruses : some surprising effects of selection on population dynamics. *American Statistician*, 39 : 176-185.

VAUPEL (J.W.), CAREY (J.R.), CHRISTENSEN (K.), JOHNSON (T.), YASHIN (A.I.), HOLM (N.V.), IACHINE (I.A.), KANNISTO (V.), KHAZAEI (A.A.), LIEDO (P.), LONGO (V.D.), ZENG (Y.), MANTON (K.G.), CURTSINGER (J.W.), 1998. Biodemographic trajectories of longevity. *Science*, 280 : 855-860.

VERHULST (J), ONGHENA (P.) 1997. Cranial suture closing in Homo sapiens : evidence for circasetennian periodicity. *Annals of Human Biology*, 24 (2) : 141-156.

VERNON-ROBERTS (B.), PIRIE (C.J.), 1977. Degenerative changes in the intervertebral discs and their sequelae. *Rheumatology and Rehabilitation*, 16 : 1321.

VERSTRAETEN (A.), VAN ERMEN (H.), HAGHEBAERT (G.), NIJS (J.), GEUSENS (P.), DEQUEKER (J.), 1991. Osteoarthritis retards the development of osteoporosis. Observations of the coexistence of osteoarthritis and osteoporosis. *Clinical Orthopaedics*, 264 : 169-177.

VIELAND (V.J.), HODGE (S.E.), 1998. Statistical evidence : a likelihood paradigm. Book Review. *American Journal of Human Genetics*, 63 : 283-289.

VLCEK (E.), MRKLAS (L.), 1975. Modification of the Gustafson method of determination of age according to teeth on prehistorical and historical osteological material. *Scripta Medica (Brno)*, 48 : 203-208.

VLEEMING (A.), 1989. The sacro-tuberous ligament : a conceptual approach to its dynamic role in stabilizing the sacroiliac joint. *Biomechanics*, 4 : 201-203.

VLEEMING (A.), STOECKART (R.), VOLKERS (C.W.), SNIJDERS (C.J.), 1990a. Relation between form and function in the sacro-iliac joint. Part I : clinical anatomical aspects. *Spine*, 15 : 130-132.

VLEEMING (A.), VOLKERS (A.C.W.), SNIJDERS (C.J.), STOECKART (R.), 1990b. Relation between form and function in the sacro-iliac joint. Part II : biomechanical aspects. *Spine*, 15 : 133-136.

VOGLER (J.B.), BROWN (H.), HELMS (C.A.), GENANT (H.K.), 1984. The normal sacroiliac joint : ACT study of asymptomatic patients. *Radiology*, 151 : 433-437.

VYSTRCILOVA (M.), NOVOTNY (V.), 2000. Estimation of age at death using teeth. *Variability and Evolution* 8 : 39-49

- WALDRON (T.), 1987. The relative survival of the human skeleton : implications for paleopathology. *In* : Boddington A., Garland A.N., Janaway R.C. (eds), *Death, decay and reconstruction*. Manchester University Press : Manchester. pp. 55-64.
- WALDRON (T.), 1993a. The health of the adults. *In* : Molleson T. et Cox M. (eds), *The Spitafields Project*, vol 2. *CBA Research Report 86*, Council for British Archaeology, York, pp.66-89.
- WALDRON (T.), 1993b. The distribution of osteoarthritis of the Hands in a Skeletal Population. *International Journal of Osteoarchaeology*, 3 : 231-218.
- WALDRON (T.), 1994. Counting the dead. *The epidemiology of skeletal populations*. Wiley and Sons, Chichester.
- WALDRON (T.), ROGERS (J.), 1990. An epidemiologic study of sacroiliac fusion in some human skeletal remains. *American Journal of Physical Anthropology*, 83 : 123-127.
- WALDRON (T.), ROGERS (J.), 1991. Inter-observer variation in coding osteoarthritis in human skeletal remains. *International Journal of Osteoarchaeology*, 1 : 49-56.
- WALKER (J.), 1992. The sacroiliac joint : a critical review. *Physical Therapy*, 72 : 903-916.
- WALKER (R.A.), LOVEJOY (C.O.), 1985. Radiographic changes in the clavicle and proximal femur and their use in the determination of skeletal age at death. *American Journal of Physical Anthropology*, 68 : 67-78.
- WALKER (P.L.), DEAN (G.), SHAPIRO (P.), 1991. Estimating age from tooth wear in archaeological populations. *In* : Hillson S. (ed), *Dental anthropology*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 169-178.
- WALLIN (J.A.), TZOCK (I.), KRISTENSEN (G.), 1994. Microscopic age determination of human skeletons including an unknown but calculable variable. *International Journal of Osteoarchaeology*, 4 : 353-362.
- WARING (G.W. JR), 1980. False positive tests for syphilis revisited : the intersection of Bayes' theorem and Wassermann's test. *JAMA*, 243 : 2321-2322.
- WARNER (B.), MISRA (M.), 1996. Understanding neural networks as statistical tools. *The American Statistician*, 50 : 284-293.
- WATANABE (M.), LASKIN (D.), BRODIE (A.), 1957. The effect of auto transplantation on growth of the zygomatico-maxillary suture. *American Journal of Anatomy*, 100 : 319.
- WATANABE (Y.), KONISHI (M.), SHIMADA (M.), OHARA (H.), IWAMOTO (S.), 1998. Estimation of age from the femur of Japanese cadavers. *Forensic Science International*, 98 : 55-65.
- WEINSTEIN (R.S.), BELL (N.H.), 1988. Diminished rates of bone formation in normal black adults. *New England Journal of Medicine*, 319 : 1698-1701.
- WELLINGER (C.), 1987. Anatomie fonctionnelle. *In* : Wellinger C. (ed), *La Sacro-Iliaque*. Specia, Paris, pp. 9-17.
- WILLIAMS (G.C.), 1957. Pleiotropy, natural selection, and the evolution of senescence. *Evolution*, 11 : 398-411.
- WINDROW (B.), HOFF (M.E.), 1960. Adaptive switching circuits. *IRE WESCON Convention Records* : 96-104.

- WOLBERG (W.H.), MANGASARIAN (O.L.), 1990. Computer-aided diagnosis of breast aspirates via expert systems. *Analytical and Quantitative Cytology and Histology*, 12 : 314-320.
- WOOD (J.W.), HOLMAN (D.J.), WEISS (K.M.), BUCHANAN (A.V.), LE FOR (B.), 1992a. Hazards models for human population biology. *Yearbook of Physical Anthropology*, 35 : 43-87.
- WOOD (J.W.), MILNER (G.R.), HARPENDING (H.C.), WEISS (K.M.), 1992b. The osteological paradox. *Current Anthropology*, 33 : 343-370.
- WULLF (H.R.), ANDERSON (B.), BRANDENHOFF (P.), GUTTER (F.), 1987. What do doctors know about statistics ? *Statistics in Medicine*, 6 : 3-10.
- WYBIER (M.), MIQUEL (A.), LAREDO (J.D.), 1994. Imagerie actuelle de la sacro-iliaque dégénérative. *La revue de médecine orthopédique*, 36.
- XIAOHU (X.), PHILIPSEN (H.P.), JABLONSKI (N.G.), WHEATHERHEAD (B.), PANG (K.M.), JIAZHEN (Z.), 1991. Preliminary report on a new method of human age estimation from single adult teeth. *Forensic Science International*, 51 : 281-288.
- YAMADA (Y.), OKUIZUMI (H.), MIYAUCHI (A.), TAKAGI (Y.), IKEDA (K.), HARADA (A.), 2000. Association of transforming growth factor betal genotype with spinal osteophytosis in Japanese women. *Arthritis Rheumatism*, 43 : 452-460.
- YAVUZ (M.F.), ISCAN (M.Y.), CÖLOGLU (A.S.), 1998. Age assessment by rib phase analysis in Turks. *Forensic Science International*, 98 : 47-54.
- YOSHIMURA (N.), DENNISON (E.), WILMAN (C.), HASHIMOTO (T.), COOPER (C.), 2000. Epidemiology of chronic disc degeneration and osteoarthritis of the lumbar spine in Britain and Japan : a comparative study. *Journal of Rheumatology*, 27 : 429-433 ;
- YOSHINO (M.), IMAIZUMI (K.), MIYASAKA (S.), SETA (S.), 1994. Histological estimation of age at death using microradiographs of humeral compact bone. *Forensic Science International*, 64 : 191-198.
- ZHENG (N.), WATSON (L.G.), YONK-HING (K.), 1997. Biomechanical modelling of the human sacroiliac joint. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 35 : 77-82.

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Liste des tableaux

CHAPITRE II

Tableau II.1 : effectifs des échantillons de référence de méthodes pour estimer l'âge au décès des individus adultes	56
Tableau II.2 : effectifs, coefficients de corrélation et de détermination de méthodes sur les critères dentaires (d'après Rösing et Kvaal, 1998)	60

CHAPITRE III

Tableau III.1 : effectif total par classes d'âge et par sexe des échantillons étudiés	91
Tableau III.2 : sites anatomiques consultables sur les collections	91

CHAPITRE IV

Tableau IV.1 : exemple d'une table de Burt	116
Tableau IV.2 : résultats du test du χ^2 entre indicateurs et classes d'âge	119

CHAPITRE V

Tableau V.1 : tableau de contingence par classes d'âge et par caractère d'un indicateur	138
Tableau V.2 : exemple de distributions <i>a posteriori</i>	141
Tableau V.3 : effectif des échantillons de référence et de l'échantillon test de SSPI	144
Tableau V.4 : effectif des spécimens mal classés (MC), bien classés (BC), indéterminés (I) pour SSPI	144
Tableau V.5 : répartition des spécimens bien classifiés selon l'intervalle chronologique en mode 1 pour SSPI (n=78)	145
Tableau V.6 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode2 pour SPI (n=86)	145
Tableau V.7 : effectif des spécimens mal classés (MC), bien classés (BC), indéterminés (I) pour SSPI-TI	145
Tableau V.8 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode1 pour SSPI-TI (n=71)	146
Tableau V.9 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 2 pour SSPI-TI (n=86)	146
Tableau V.10 : effectif des échantillons de référence et de l'échantillon test pour SSPI+SPU	146
Tableau V.11 : effectif des spécimens mal classés (MC), bien classés (BC), indéterminés (I) pour SSPI+SPU	147
Tableau V.12 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 1 pour SSPI+SPU (n=77)	147

Tableau V.13 : répartition des spécimens selon l'intervalle chronologique en mode 2 pour SSPI+SPU (n=81)	147
Tableau V.14 : effectif des spécimens mal classés (MC), bien classés (BC), indéterminés (I) pour SSPI-TI+SPU	148
Tableau V.15 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 1 pour SSPI-TI+SPU (n=72)	148
Tableau V.16 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 2 pour SSPI-TI+SPU (=85)	148
Tableau V.17 : effectif des échantillons de référence et de l'échantillon test de CO ⁴	149
Tableau V.18 : effectif des spécimens mal classés (MC), bien classés (BC), indéterminés (I) pour CO ⁴	149
Tableau V.19 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 1 pour CO ⁴ (n=140)	150
Tableau V.20 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 2 pour CO ⁴ (n=138)	150
Tableau V.21 : effectif des échantillons de référence et de l'échantillon test pour SPU+CO ⁴	150
Tableau V.22 : effectif des spécimens mal classés (MC), bien classés (BC), indéterminés (I) pour SPU+CO ⁴	151
Tableau V.23 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 1 pour SPU+CO ⁴ (n=100)	151
Tableau V.24 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 2 pour SPU+ CO ⁴ (n=110)	152
Tableau V.25 : effectif des échantillons de référence et de l'échantillon test de SSPI+CO ⁴	152
Tableau V. 26 : effectif des spécimens mal classés (MC), bien classés (BC), indéterminés (I) pour SSPI+CO ⁴	153
Tableau V.27 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 1 pour SSPI+CO ⁴ (n=109)	153
Tableau V.28 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 2 pour SPI+CO ⁴ (n=109)	153
Tableau V.29 : effectif des spécimens, mal classés (MC), bien classés (BC), indéterminés pour SSPI-TI+ CO ⁴	154
Tableau V.30 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 1 pour SSPI-TI+CO ⁴ (n=107)	155
Tableau V.31 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 2 pour SSPI-TI+CO ⁴ (n=110)	155
Tableau V.32 : effectif des spécimens mal classés (MC), bien classés (BC), indéterminés (I) pour SSPI+SPU+CO ⁴	155

Tableau V.33 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 1 pour SSPI+SPU+CO ⁴ (n=110)	156
Tableau V.34 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 2 pour SSPI+SPU+CO ⁴ (n=111)	156
Tableau V.35 : effectif des spécimens bien classés, mal classés, indéterminés pour SSPI-TI+SPU+CO ⁴	157
Tableau V.36 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 1 pour SSPI-TI+SPU+CO ⁴ (n=111)	157
Tableau V.37 : répartition des spécimens bien classés selon l'intervalle chronologique en mode 2 pour SSPI-T+SPU+CO ⁴ (n=107)	157
Tableau V.38 : exemple de matrice de confusion	163
Tableau V.39 : taux global en mode 1, 20-29, 30-59, >60	164
Tableau V.40 : taux <i>a priori</i> en mode 1, 20-29, 30-59, >60	165
Tableau V.41 : taux <i>a posteriori</i> en mode 1, 20-29, 30-59, >60	166
Tableau V.42 : taux global en mode 2, 20-29, 30-49, >50	166
Tableau V.43 : taux <i>a priori</i> en mode 2, 20-29, 30-49, >50	167
Tableau V.44 : taux <i>a posteriori</i> en mode 2, 20-29, 30-49, >50	168

CHAPITRE VI

Tableau VI.1 : effectif par échantillons	184
Tableau VI.2 : effectif par classes	184
Tableau VI.3 : codage des classes d'âge selon les 3 codages possibles	185
Tableau VI.4 : taux global sur l'échantillon de contrôle	189
Tableau VI.5 : taux global sur l'échantillon d'apprentissage total	189
Tableau VI.6 : taux <i>a priori</i> sur l'échantillon de contrôle	190
Tableau VI.7 : taux <i>a posteriori</i> sur l'échantillon de contrôle	190
Tableau VI.8 : taux global sur échantillon de contrôle sur 3 classes d'âge	190
Tableau VI.9 : taux <i>a priori</i> sur l'échantillon de contrôle sur 3 classes d'âge	191
Tableau VI.10 : taux <i>a posteriori</i> sur l'échantillon de contrôle sur 3 classes d'âge	191

CHAPITRE VII

Tableau VII.1 : effectif des individus atteints de sacro-iliite selon le sexe et l'échantillon	202
Tableau VII.2 : effectif des individus atteints de fusion para-articulaires selon le sexe et l'échantillon	204
Tableau VII.3 : concordance des cotations en pourcentage des caractères de la surface sacro-pelvienne iliaque entre 3 observateurs	205

Liste des figures

CHAPITRE II

Figure II.1 : quotients de mortalité en fonction de l'espérance de vie à la naissance (e_0)	78
--	----

CHAPITRE III

Figure III.1 : effectif par classes d'âge et par sexe de l'échantillon portugais	85
Figure III.2 : effectif par classes d'âge et par sexe de l'échantillon anglais étudié	86
Figure III.3 : effectif par classes d'âge et par sexe de l'échantillon suisse	87
Figure III.4 : effectif par classes d'âge et par sexe de l'échantillon espagnol	88
Figure III.5 : effectif par classes d'âge et par sexe de l'échantillon français	89
Figure III.6 : effectif par classes d'âge et par sexe de l'échantillon américain d'origine européenne	90
Figure III.7 : effectif par classes d'âge et par sexe de l'échantillon américain d'origine africaine	91

CHAPITRE IV

Figure IV.1 : orientation de l'os coxal pour l'observation des caractères SPUA, SPUB	97
Figure IV.2 : surface sacro-pelvienne iliaque (Lovejoy et al., 1985b)	101
Figure IV.3 : formation d'un pont osseux sur le bord de l'auricule supérieure	107
Figure IV.4 : analyse des correspondances multiples des caractères de la symphyse pubienne et des classes d'âge	120
Figure IV.5 : analyse des correspondances multiples des caractères de la surface sacro-pelvienne iliaque et des classes d'âge	121
Figure IV.6 : Analyse des correspondances multiples des caractères de l'extrémité sternale de la quatrième côte et des classes d'âge pour les hommes	122
Figure IV.7 : Analyse des correspondances multiples des caractères de l'extrémité sternale de la quatrième côte pour et des classes d'âge pour les femmes	123

CHAPITRE V

Figure V.1 : illustration d'une distribution normale et d'une distribution bi-modale	140
Figure V.2 : effectif des spécimens indéterminés dans les échantillons de référence par indicateurs	158
Figure V.3 : pourcentage des spécimens biens classés et mal classés par indicateurs selon le mode 1	158
Figure V.4 : pourcentage des spécimens biens classés et mal classés selon le mode 2	159
Figure V.5 : pourcentage des distributions bi-modales selon le mode 1 et 2	161
Figure V.6 : taux global selon le mode 1 et le mode 2	168

Figure V.7 : taux <i>a posteriori</i> selon le mode 1	169
Figure V.8 : taux <i>a posteriori</i> selon le mode 2	169

CHAPITRE VI

Figure VI.1 : neurone biologique	174
Figure VI.2 : schématisation d'un neurone formel	176
Figure VI.3 : fonctions d'activation	177
Figure VI.4 : illustration des relations linéaires et non linéaires, d'après Cross et al. (1995, p. 1076)	179
Figure VI.5 : perceptron multi-couches	180
Figure VI.6 : graphique représentant l'erreur selon le codage par catégorie	187
Figure VI.7 : graphique représentant l'erreur selon le codage binaire	188
Figure VI.8 : graphique représentant l'erreur selon le codage gray	188

CHAPITRE VII

Figure VII. 1 A et B : surfaces articulaires iliaques présentant une sacro-iliite	201
Figure VII.2 : fusion para-articulaire entre le sacrum et le coxal gauche	203

ANNEXES

Les symboles utilisés dans les annexes

n : effectif

s : écart type

p : niveau p, significativité statistique

SR : somme des rangs

U : somme des rangs - le nombre total de points d'un groupe

Z : valeur de la variable aléatoire courante pour la distribution Z (normale)

dl : degrés de liberté

M : masculin

F : féminin

O.E : origine européenne

O.A : origine africaine

SPI : Angleterre (Spitalfields)

HTH : Etats-Unis (Hamann-Todd)

CO : Portugal (Coimbra)

BEX, PAM, LSZ, RSL, VAL, VLT : Suisse (Canton de Genève)

ALC : Espagne (Madrid)

F : France (Brest-Montpellier)

Dans l'annexe 2, les distributions *a posteriori* de l'approche bayésienne sont surlignés en gras lorsqu'elles sont bi-modales.

ANNEXE 1

DIFFERENCE ENTRE SEXE

Symphyse pubienne (SPU)

Tableau AIV-1 : Test Kolmogorov Smirnov

Echantillons	n		Moyenne		s		p
	homme	femme	homme	femme	homme	femme	
Portugal	59	67	46.00	46.76	17.13	17.75	p > .10
Angleterre	78	84	54.15	54.75	16.74	17.58	p > .10
Etats Unis (O.E.)	57	56	49.70	50.09	18.62	17.36	p > .10
Etats Unis (O.A.)	32	29	56.22	53.79	19.80	21.23	p > .10
France	120	31	40.25	45.71	13.90	16.26	p > .10
Suisse	73	36	63.14	62.58	17.79	17.10	p > .10
Espagne	26	38	67.12	75.92	14.19	9.68	p < .10*

*p < 0.10 : différence statistiquement significative

Tableau AIV-2 : Test Mann-Whitney du caractère SPUB

		SR	SR	U	Z	Z		n	n	2*(1-p)	
Droit	Echantillons	homme	femme		p	ajusté	p	homme	femme	unilatér	
	Portugal	2824	3062	1292	0.947	0.344	1.192	0.233	49	59	0.347
	Angleterre	1764.5	2240.5	944.5	-0.293	0.770	-0.627	0.530	40	49	0.771
	Etats Unis (O.E)	2734.5	2518.5	1243.5	0.378	0.705	0.487	0.626	52	50	0.706
	Etats Unis (O.A)	681	915	356	-0.519	0.604	-0.671	0.502	25	31	0.612
	France	8865	2310	1725	-0.284	0.776	-0.346	0.730	119	30	0.779
	Suisse	291.5	654.5	186.5	-0.428	0.669	-0.564	0.573	14	29	0.673
Gauche	Portugal	2637	2928	1332	0.257	0.797	0.335	0.737	49	56	0.801
	Angleterre	1744	1911	798	-0.923	0.356	-2.264	0.024	43	42	0.360
	Etats Unis (O.E)	3050.5	2944.5	1459.5	0.155	0.877	0.189	0.850	55	54	0.878
	Etats Unis (O.A)	714	997	363	-0.829	0.407	-1.006	0.315	26	32	0.415
	France	8588	2290	1567	-0.701	0.483	-0.819	0.413	118	29	0.487
	Suisse	385	518	140	1.641	0.101	2.296	0.022	15	27	0.104

Tableau AIV-3 : Test Mann-Whitney du caractère SPUB

		SR	SR	U	Z	Z		N		N	2*(1-p)
Droit	Echantillons	homme	femme			p	ajusté	p	homme	femme	unilatér
	Portugal	2611	3275	1386	-0,367	0,713	-0,399	0,690	49	59	0,717
	Angleterre	1655,5	2349,5	835,5	-1,192	0,233	-1,743	0,081	40	49	0,235
	Etats Unis (O.E)	2531	2722	1153	-0,984	0,325	-1,485	0,137	52	50	0,328
	Etats Unis (O.A)	787,5	865,5	369,5	0,537	0,591	0,781	0,435	26	31	0,594
	France	8700,5	2474,5	1560,5	-1,063	0,288	-1,158	0,247	119	30	0,290
Gauche	Suisse	292,5	653,5	187,5	-0,402	0,688	-0,628	0,530	14	29	0,691
	Portugal	2492	3073	1267	-0,674	0,500	-0,736	0,462	49	56	0,504
	Angleterre	1616,5	2038,5	670,5	-2,044	0,041	-2,942	0,003	43	42	0,041
	Etats Unis (O.E)	2893,5	2992,5	1353,5	-0,639	0,523	-0,884	0,377	55	53	0,524
	Etats Unis (O.A)	769,5	941,5	413,5	0,039	0,969	0,057	0,954	26	32	0,969
	France	8470,5	2407,5	1449,5	-1,273	0,203	-1,382	0,167	118	29	0,204
Suisse	343,5	602,5	207,5	-0,214	0,831	-0,334	0,738	16	27	0,833	

Tableau AIV.4 : Test exact de Fisher du caractère SPUC

	Droit			Gauche		
	n	n	Fisher	n	n	Fisher
Echantillons	homme	femme	p bilatéral	homme	femme	p bilatéral
Portugal	48	58	0.251	49	55	0.565
Angleterre	39	49	0.668	41	44	0.389
Etats Unis (O.E.)	52	49	0.692	55	54	0.556
Etats Unis (O.A.)	25	31	0.595	24	32	0.577
France	119	30	0.278	118	29	0.015
Suisse	29	14	0.726	26	13	1.000

Surface sacro-pelvienne iliaque (SSPI)

Tableau AIV.5 : Test exact de Fisher du caractère SSPIA

	Droit			Gauche		
	n	n	Fisher	n	n	Fisher
Echantillons	homme	femme	p bilatéral	homme	femme	p bilatéral
Portugal	58	64	0,611	59	67	1,000
Angleterre	57	65	0,348	56	65	0,369
Etats Unis (O.E.)	51	55	0,051	51	54	0,783
Etats Unis (O.A.)	25	28	0,720	27	28	0,759
Suisse	62	35	1,000	59	33	0,451

Tableau AIV.6 : Test Mann-Whitney du caractère SSPIB

		SR	SR	U	Z	Z	n	n	2*(1-p)
		homme	femme	p	ajusté	p	homme	femme	unilatér
Droit	Echantillons								
	Portugal	3553.5	4072.5	1842.5	-0.215	0.830	-0.227	0.820	58 65 0.830
	Angleterre	3485	4018	1832	-0.105	0.916	-0.111	0.911	57 65 0.919
	Etats Unis (O.E.)	2495.5	3069.5	1220.5	-0.991	0.322	-1.060	0.289	50 55 0.323
	Etats Unis (O.A.)	664.5	766.5	339.5	-0.187	0.852	-0.195	0.846	25 28 0.853
	Suisse	1845	2811	920	1.123	0.262	1.184	0.236	35 61 0.265
Gauche	Portugal	3715.5	4285.5	1945.5	-0.152	0.880	-0.160	0.873	59 67 0.880
	Angleterre	3350	3910	1754	-0.200	0.842	-0.211	0.833	56 64 0.844
	Etats Unis (O.E.)	2563.5	2896.5	1237.5	-0.741	0.459	-0.789	0.430	51 53 0.460
	Etats Unis (O.A.)	759	781	375	0.051	0.960	0.054	0.957	27 28 0.967
	Suisse	1556.5	2629.5	918.5	0.318	0.751	0.336	0.737	33 58 0.752

Tableau AIV.7 : Test exact de Fisher du caractère SSPIC

	Droit			Gauche		
	n	n	Fisher	n	n	Fisher
Echantillons	homme	femme	p bilatéral	homme	femme	p bilatéral
Portugal	58	64	0,580	59	67	1,000
Angleterre	57	65	0,144	58	63	0,054
Etats Unis (O.E.)	53	55	0,003	53	55	0,113
Etats Unis (O.A.)	27	29	0,060	29	28	0,292
Suisse	62	35	0,006	58	33	0,275

Tableau AIV.8 : Test exact de Fisher du caractère SSPID

	Droit			Gauche		
	n	n	Fisher	n	n	Fisher
Echantillons	homme	femme	p bilatéral	homme	femme	p bilatéral
Portugal	54	62	0,153	55	64	0,291
Angleterre	51	59	0,181	46	58	0,557
Etats Unis (O.E.)	48	46	0,142	46	50	0,042
Etats Unis (O.A.)	25	27	0,403	27	27	0,577
Suisse	27	15	0,525	28	18	0,121

*Extrémité sternale de la quatrième côte (CO⁴)*Tableau AIV.9 : Test Mann-Whitney du caractère CO⁴A

		SR	SR	U	Z	Z		n	n	2*(1-p)	
Droit	Echantillons	homme	femme			p	ajusté	p	homme	femme	unilatér
	Portugal	805	680	274	1.558	0.119	1.779	0.075	26	28	0.122
	Angleterre	1092.5	987.5	357.5	2.023	0.043	2.157	0.031	29	35	0.043
	Etats Unis (O.E.)	1148	563	310	1.378	0.168	1.538	0.124	36	22	0.172
	Etats Unis (O.A.)	262	684	126	-2.261	0.024	-2.630	0.009	16	27	0.023
	France	8217	1513	1107	2.347	0.019	2.473	0.013	111	28	0.018
Gauche	Portugal	483.5	377.5	101.5	2.772	0.006	3.078	0.002	18	23	0.005
	Angleterre	762.5	462.5	186.5	2.254	0.024	2.395	0.017	26	23	0.023
	Etats Unis (O.E.)	1033.5	451.5	198.5	2.702	0.007	2.964	0.003	32	22	0.006
	Etats Unis (O.A.)	168	498	90	-1.812	0.070	-1.973	0.048	12	24	0.072
	France	521.5	108.5	80.5	0.722	0.470	0.750	0.453	28	7	0.479

Tableau AIV.10 : Test Mann-Whitney du caractère CO⁴B

		SR	SR	U	Z	Z		n	n	2*(1-p)	
Droit	Echantillons	homme	femme		p	ajusté	p	homme	femme	unilatér	
	Portugal	676	405	129	2.977	0.003	3.298	0.001	23	23	0.002
	Angleterre	1437.5	1190.5	329.5	3.480	0.001	3.708	0.000	31	41	0.000
	Etats Unis (O.E.)	993.5	546.5	293.5	1.194	0.232	1.432	0.152	33	22	0.235
	Etats Unis (O.A.)	206	740	70	-3.668	0.000	-3.964	0.000	16	27	0.000
	France	8708.5	1876.5	1441.5	1.189	0.235	1.289	0.198	116	29	0.236
Gauche	Portugal	372	258	87	2.178	0.029	2.437	0.015	17	18	0.029
	Angleterre	1196	695	230	3.390	0.001	3.605	0.000	31	30	0.001
	Etats Unis (O.E.)	960.5	579.5	303.5	1.101	0.271	1.256	0.209	32	23	0.274
	Etats Unis (O.A.)	159.5	543.5	68.5	-2.784	0.005	-2.982	0.003	13	24	0.004
	France	651.5	128.5	100.5	0.421	0.674	0.471	0.638	32	7	0.680

Tableau AIV.11 : Test Mann-Whitney du caractère CO⁴C

		SR	SR	U	Z	Z		n	n	2*(1-p)	
Droit	Echantillons	homme	femme			p	ajusté	p	homme	femme	unilatér
	Portugal	782	544	219	1.997	0.046	2.181	0.029	26	25	0.046
	Angleterre	1181	1234	414	2.018	0.044	2.415	0.016	29	40	0.044
	Etats Unis (O.E.)	1098.5	612.5	336.5	1.049	0.294	1.754	0.079	35	23	0.297
	Etats Unis (O.A.)	251	652	115	-2.409	0.016	-2.699	0.007	16	26	0.015
	France	8285	2011	1576	0.387	0.699	0.429	0.668	114	29	0.702
Gauche	Portugal	440	340	87	2.832	0.005	3.072	0.002	17	22	0.004
	Angleterre	847	638	232	2.285	0.022	2.707	0.007	26	28	0.022
	Etats Unis (O.E.)	952	588	288	1.426	0.154	1.875	0.061	31	24	0.158
	Etats Unis (O.A.)	191.5	511.5	100.5	-1.766	0.077	-1.948	0.051	13	24	0.077
	France	654.5	125.5	97.5	0.531	0.596	0.587	0.557	32	7	0.603

RELATION A L'AGE DES INDICATEURS

Symphyse pubienne (SPU)

Tableau AIV.12 : Test du χ^2 , classe d'âge, SPUA

SPUA droit				SPUA gauche			
Chi ² de Pearson : 21,3696; dl=5; p=,000690				Chi ² de Pearson : 19,4776; dl=5; p=,001567			
classes	SPUA1	SPUA2	total	classes	SPUA1	SPUA2	total
20-29	16,21	50,79	67	20-29	14,66	50,34	65
30-39	6,29	19,71	26	30-39	6,77	23,23	30
40-49	3,63	11,37	15	40-49	4,29	14,71	19
50-59	1,45	4,55	6	50-59	2,03	6,97	9
60-69	1,69	5,31	7	60-69	1,58	5,42	7
>70	0,73	2,27	3	>70	0,68	2,32	3
total	30,00	94,00	124	total	30	103	133

SPUA droit				SPUA gauche			
Chi ² de Pearson : 121,699; dl=5; p<0,00001				Chi ² de Pearson : 113,018; dl=5; p<0,00001			
classes	SPUA2	SPUA3	total	classes	SPUA2	SPUA3	total
20-29	11,15	44,85	56	20-29	12,22	43,78	56
30-39	18,92	76,08	95	30-39	20,08	71,92	92
40-49	17,92	72,08	90	40-49	19,86	71,14	91
50-59	18,12	72,88	91	50-59	19,86	71,14	91
60-69	15,93	64,07	80	60-69	17,68	63,32	81
>70	11,95	48,05	60	>70	13,31	47,69	61
total	94	378	472	total	103	369	472

Tableau AIV.13 : Test du χ^2 , classes d'âge, SPUB

SPUB droit					SPUB gauche				
Chi ² de Pearson : 204,706; dl=10; p<0,00010					Chi ² de Pearson : 198,903; dl=10; p<0,0001				
classes	SPUB1	SPUB2	SPUB3	total	classes	SPUB1	SPUB2	SPUB3	total
20-29	9.24	21.45	52.31	83	20-29	8.14	22.36	49.50	80
30-39	10.80	25.07	61.13	97	30-39	9.67	26.55	58.78	95
40-49	10.02	23.26	56.72	90	40-49	9.26	25.43	56.31	91
50-59	10.13	23.52	57.35	91	50-59	9.37	25.71	56.93	92
60-69	9.02	20.93	51.05	81	60-69	8.35	22.91	50.74	82
>70	6.79	15.77	38.44	61	>70	6.21	17.05	37.74	61
total	56	130	317	503	total	51	140	310	501

Tableau AIV.14 : Test du χ^2 , classes d'âge, SPUC

SPUC droit				SPUC gauche			
Chi ² de Pearson : 49,9257; dl=5; p<0,00001				Chi ² de Pearson : 64,2216; dl=5; p<0,00001			
classes	SPUC1	SPUC2	total	classes	SPUC1	SPUC2	total
20-29	52.96	29.04	82	20-29	53.67	27.33	81
30-39	62.00	34.00	96	30-39	62.95	32.05	95
40-49	57.48	31.52	89	40-49	60.30	30.70	91
50-59	58.13	31.87	90	50-59	60.30	30.70	91
60-69	52.32	28.68	81	60-69	52.35	26.65	79
>70	38.11	20.89	59	>70	38.43	19.57	58
total	321	176	497	total	328	167	495

Surface sacro-pelvienne iliaque (SSPI)

Tableau AIV.15 : Test du χ^2 , classes d'âge, SSPIA

SSPIA droit				SSPIA gauche			
Chi ² de Pearson : 50,7844; dl=5; p<0,00001				Chi ² de Pearson : 42,0356; dl=5; p<0,00001			
classes	SSPIA1	SSPIA2	total	classes	SSPIA1	SSPIA2	total
20-29	9.90	53.10	63	20-29	12.94	53.06	66
30-39	11.15	59.85	71	30-39	13.73	56.27	70
40-49	10.37	55.63	66	40-49	12.16	49.84	62
50-59	11.78	63.22	75	50-59	14.90	61.10	76
60-69	10.53	56.47	67	60-69	13.92	57.08	71
>70	9.27	49.73	59	>70	12.35	50.65	63
total	63	338	401	total	80	328	408

Tableau AIV.16 : Test du χ^2 , classes d'âge, SSPIB

SSPIB droit						SSPIB gauche					
Chi ² de Pearson : 278,684; dl=15; p<0,0001						Chi ² de Pearson : 314,377; dl=15; p<0,0001					
classes	SSPIB1	SSPIB2	SSPIB3	SSPIB4	total	classes	SSPIB1	SSPIB2	SSPIB3	SSPIB4	total
20-29	10.03	23.51	17.87	11.60	63	20-29	9.61	25.75	17.60	13.04	66
30-39	11.30	26.49	20.13	13.07	71	30-39	10.20	27.31	18.67	13.83	70
40-49	10.51	24.63	18.72	12.15	66	40-49	9.03	24.19	16.53	12.25	62
50-59	12.10	28.36	21.55	13.99	76	50-59	11.07	29.65	20.27	15.01	76
60-69	10.67	25.00	19.00	12.33	67	60-69	10.05	26.92	18.40	13.63	69
>70	9.39	22.01	16.73	10.86	59	>70	9.03	24.19	16.53	12.25	62
total	64	150	114	74	402	total	59	158	108	80	405

Tableau AIV.17 : Test du χ^2 , classes d'âge, SSPIC

SSPIC droit				SSPIC gauche			
Chi ² de Pearson : 73,1972; dl=5; p<0,00001				Chi ² de Pearson : 73,2444; dl=5; p<0,00001			
classes	SSPIC1	SSPIC2	total	classes	SSPIC1	SSPIC2	total
20-29	33.42	30.58	64	20-29	38.13	29.87	68
30-39	37.60	34.40	72	30-39	38.69	30.31	69
40-49	34.46	31.54	66	40-49	34.76	27.24	62
50-59	39.68	36.32	76	50-59	43.17	33.83	77
60-69	36.03	32.97	69	60-69	40.93	32.07	73
>70	30.81	28.19	59	>70	35.32	27.68	63
total	212	194	406	total	231	181	412

Tableau AIV.18 : Test du χ^2 , classes d'âge, SSPID

SPID droit				SSPID gauche			
Chi ² de Pearson : 37,6402; dl=5; p<0,00001				Chi ² de Pearson : 44,4902; dl=5; p<0,00001			
classes	SSPID1	SSPID2	total	classes	SSPID1	SSPID2	total
20-29	36.53	25.47	62	20-29	39.38	25.62	65
30-39	39.48	27.52	67	30-39	39.99	26.01	66
40-49	37.12	25.88	63	40-49	35.75	23.25	59
50-59	39.48	27.52	67	50-59	40.60	26.40	67
60-69	36.53	25.47	62	60-69	39.38	25.62	65
>70	28.87	20.13	49	>70	30.90	20.10	51
total	218	152	370	total	226	147	373

Extrémité sternale de la quatrième côte (CO⁴), sexe masculinTableau AIV.19 : Test du χ^2 , classes d'âge, CO⁴A, sexe masculin

CO4A droit					CO4A gauche				
Chi ² de Pearson : 91,1950; dl=8; p<0,00001					Chi ² de Pearson : 86,6975; dl=8; p<0,00001				
classes	CO4A1	CO4A2	CO4A3	total	classes	CO4A1	CO4A2	CO4A3	total
20-29	7.21	9.79	23.00	40	20-29	4.77	9.34	16.89	31
30-39	8.83	11.99	28.18	49	30-39	4.62	9.04	16.35	30
40-49	7.75	10.52	24.73	43	40-49	3.38	6.63	11.99	22
50-59	7.57	10.27	24.15	42	50-59	4.46	8.74	15.80	29
>60	10.64	14.43	33.93	59	>60	6.77	13.26	23.97	44
total	42	57	134	233	total	24	47	85	156

4

Tableau AIV.20 : Test du χ^2 , classes d'âge, CO⁴B, sexe masculin

CO4B droit					CO4B gauche				
Chi ² de Pearson : 95,0472; dl=8; p<0,00001					Chi ² de Pearson : 99,1005; dl=8; p<0,00001				
classes	CO4B1	CO4B2	CO4B3	total	classes	CO4B1	CO4B2	CO4B3	total
20-29	14.13	14.13	11.74	40	20-29	11.86	8.42	10.72	31
30-39	16.95	16.95	14.09	48	30-39	11.10	7.88	10.02	29
40-49	15.54	15.54	12.92	44	40-49	8.80	6.25	7.95	23
50-59	15.54	15.54	12.92	44	50-59	11.86	8.42	10.72	31
>60	20.84	20.84	17.32	59	>60	18.37	13.04	16.59	48
total	83	83	69	235	total	62	44	56	162

Tableau AIV.21 : Test du χ^2 , classes d'âge, CO⁴C, sexe masculin

CO4C droit					CO4C gauche				
Chi ² de Pearson : 55,7728; dl=8; p<0,00001					Chi ² de Pearson : 53,7344; dl=8; p<0,00001				
classes	CO4C1	CO4C2	CO4C3	total	classes	CO4C1	CO4C2	CO4C3	total
20-29	3.00	20.50	15.50	39	20-29	2.12	15.96	11.92	30
30-39	3.69	25.23	19.08	48	30-39	1.97	14.90	11.13	28
40-49	3.46	23.65	17.88	45	40-49	1.62	12.24	9.14	23
50-59	3.46	23.65	17.88	45	50-59	2.19	16.49	12.32	31
>60	4.38	29.96	22.65	57	>60	3.10	23.41	17.49	44
total	18	123	93	234	total	11	83	62	156

Extrémité sternale de la quatrième côte (CO⁴), sexe féminin

Tableau AIV.21 : Test du χ^2 , classes d'âge, CO⁴A, sexe féminin

CO4A droit					CO4A gauche				
Chi ² de Pearson : 3,31352; dl=8; p=,913168					Chi ² de Pearson : 5,56902; dl=8; p=,695381				
classes	CO4A1	CO4A2	CO4A3	total	classes	CO4A1	CO4A2	CO4A3	total
20-29	11.80	8.56	10.64	31	20-29	11.00	5.50	5.50	22
30-39	8.37	6.07	7.55	22	30-39	9.00	4.50	4.50	18
40-49	9.51	6.90	8.58	25	40-49	6.50	3.25	3.25	13
50-59	8.37	6.07	7.55	22	50-59	8.00	4.00	4.00	16
>60	12.94	9.39	11.67	34	>60	11.50	5.75	5.75	23
total	51	37	46	134	total	46	23	23	92

Tableau AIV.22 : Test du χ^2 , classes d'âge, CO⁴B, sexe féminin

CO4B droit				CO4B gauche			
Chi ² de Pearson : 21,6632; dl=4; p=,000234				Chi ² de Pearson : 12,4258; dl=4; p=,014454			
classes	CO4B1	CO4B2	total	classes	CO4B1	CO4B2	total
20-29	19.25	8.75	28	20-29	14.42	5.58	20
30-39	15.13	6.88	22	30-39	12.98	5.02	18
40-49	17.88	8.13	26	40-49	8.65	3.35	12
50-59	12.38	5.63	18	50-59	10.81	4.19	15
>60	23.38	10.63	34	>60	15.14	5.86	21
total	88	40	128	total	62	24	86
Chi ² de Pearson : 2,60628; dl=4; p=,625712				Chi ² de Pearson : 2,40682; dl=4; p=,661396			
classes	CO4B2	CO4B3	total	classes	CO4B2	CO4B3	total
20-29	0.77	0.23	1	20-29	0.67	0.33	1
30-39	3.08	0.92	4	30-39	2.67	1.33	4
40-49	9.23	2.77	12	40-49	3.33	1.67	5
50-59	9.23	2.77	12	50-59	7.33	3.67	11
>60	17.69	5.31	23	>60	10.00	5.00	15
total	40	12	52	total	24	12	36

Tableau AIV.23 : Test du χ^2 , classes d'âge, CO⁴C, sexe féminin

CO4C droit				CO4C gauche			
Chi ² de Pearson : 1,89054; dl=4; p=,755882				Chi ² de Pearson : 3,71184; dl=4; p=,446411			
classes	CO4C1	CO4C2	total	classes	CO4C1	CO4C2	total
20-29	4.71	24.29	29	20-29	5.44	16.56	22
30-39	3.25	16.75	20	30-39	4.45	13.55	18
40-49	2.92	15.08	18	40-49	2.97	9.03	12
50-59	2.92	15.08	18	50-59	3.46	10.54	14
>60	5.20	26.80	32	>60	5.69	17.31	23
total	19	98	117	total	22	67	89
Chi ² de Pearson : 4,25475; dl=4; p=,372632				Chi ² de Pearson : 7,76369; dl=4; p=,100637			
classes	CO4C2	CO4C3	total	classes	CO4C2	CO4C3	total
20-29	20.89	5.11	26	20-29	16.32	2.68	19
30-39	15.26	3.74	19	30-39	13.74	2.26	16
40-49	19.28	4.72	24	40-49	9.45	1.55	11
50-59	15.26	3.74	19	50-59	12.03	1.97	14
>60	27.31	6.69	34	>60	15.46	2.54	18
total	98	24	122	total	67	11	78

ANNEXE 2

1 SSPI : surface sacro-pelvienne iliaque

Tableau AV.1 : matrice de contingence par classes d'âge et par score de l'échantillon de référence de SSPI, selon une distribution par âge conforme à une espérance de vie à la naissance de 30 ans ($e_0=30$)

SSPIA	classe d'âge	SSPIA1	SSPIA2			total
	20-29	28	34			62
	30-39	15	45			60
	40-49	11	49			60
	50-59	12	58			70
	>60	14	199			213
SSPIB	classe d'âge	SSPIB1	SSPIB2	SSPIB3	SSPIB4	total
	20-29	37	22	3	0	62
	30-39	9	46	3	2	60
	40-49	4	34	20	2	60
	50-59	3	34	20	13	70
	>60	0	34	100	79	213
SSPIC	classe d'âge	SSPIC1	SSPIC2			total
	20-29	50	12			62
	30-39	48	12			60
	40-49	37	23			60
	50-59	29	41			70
	>60	73	140			213
SSPID	classe d'âge	SSPID1	SSPID2			total
	20-29	59	3			62
	30-39	45	15			60
	40-49	37	23			60
	50-59	33	37			70
	>60	78	135			213

Tableau AV.2 : matrice de contingence par classes d'âge et par score de l'échantillon de référence de SSPI, selon une distribution par âge uniforme

SSPIA	classe d'âge	SSPIA1	SSPIA2	total		
	20-29	29	41	70		
	30-39	15	55	70		
	40-49	16	54	70		
	50-59	14	56	70		
	>60	8	62	70		
SSPIB	classe d'âge	SSPIB1	SSPIB2	SSPIB3	SSPIB4	total
	20-29	47	22	1	0	70
	30-39	12	48	6	4	70
	40-49	7	42	18	3	70
	50-59	0	31	26	13	70
	>60	0	5	38	27	70
SSPIC	classe d'âge	SSPIC1	SSPIC2	total		
	20-29	57	13	70		
	30-39	53	17	70		
	40-49	42	28	70		
	50-59	38	32	70		
	>60	22	48	70		
SSPID	classe d'âge	SSPID1	SSPID2	total		
	20-29	62	8	70		
	30-39	47	23	70		
	40-49	38	32	70		
	50-59	31	39	70		
	>60	27	43	70		

Tableau AV.3 : distribution des probabilités a posteriori des spécimens de l'échantillon test selon le mode 1

numéro	classe	âge	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2605	20-29	20	F	1111	0,88	0,09	0,02	0,01	0,00	20-29	VRAI
HTH 1205	20-29	21	M	1111	0,88	0,09	0,02	0,01	0,00	20-29	VRAI
Co465	20-29	21	F	2111	0,73	0,19	0,06	0,02	0,00	20-39	VRAI
Co169	20-29	21	F	2111	0,73	0,19	0,06	0,02	0,00	20-39	VRAI
SPI2799	20-29	25	M	2122	0,11	0,19	0,27	0,43	0,00	30-59	VRAI
SPI2720	20-29	25	M	1111	0,88	0,09	0,02	0,01	0,00	20-29	VRAI
Co493	20-29	26	F	1121	0,83	0,09	0,05	0,04	0,00	20-29	VRAI
Co210	20-29	27	M	2111	0,73	0,19	0,06	0,02	0,00	20-39	VRAI
SPI2142	20-29	27	F	1111	0,88	0,09	0,02	0,01	0,00	20-29	VRAI
HTH 2356	20-29	27	F	2211	0,19	0,41	0,21	0,11	0,08	20-49	VRAI
HTH 0681	20-29	28	F	2111	0,73	0,19	0,06	0,02	0,00	20-39	VRAI
HTH 1059	20-29	28	F	2211	0,19	0,41	0,21	0,11	0,08	20-49	VRAI
Co144	20-29	29	F	2111	0,73	0,19	0,06	0,02	0,00	20-29	VRAI
Co182	30-39	30	F	2222	0,00	0,06	0,15	0,31	0,47	>40	FAUX
Co454	30-39	30	F	2122	0,11	0,19	0,27	0,43	0,00	30-59	VRAI
HTH 1089	30-39	31	F	2111	0,73	0,19	0,06	0,02	0,00	20-39	VRAI
SPI2286	30-39	34	M	2211	0,19	0,41	0,21	0,11	0,08	20-49	VRAI
SPI2281	30-39	35	F	1211	0,42	0,38	0,13	0,06	0,02	20-39	VRAI
SPI2301	30-39	35	F	1212	0,07	0,39	0,25	0,22	0,08	30-59	VRAI
Co113	30-39	37	M	2221	0,08	0,18	0,22	0,27	0,26	ind	ind
Co298	30-39	38	F	2411	0,00	0,07	0,05	0,16	0,72	>50	FAUX
Co253	30-39	38	M	2211	0,19	0,41	0,21	0,11	0,08	20-49	VRAI
HTH 0454	30-39	38	F	2312	0,00	0,02	0,14	0,13	0,72	>50	FAUX
Co298	30-39	38	F	2421	0,00	0,01	0,02	0,14	0,83	>60	FAUX
SPI2542	30-39	39	M	2221	0,08	0,18	0,22	0,27	0,26	ind	ind
SPI2957	30-39	39	F	2321	0,01	0,01	0,12	0,15	0,71	>50	FAUX
HTH 0457	40-49	43	F	1211	0,42	0,38	0,13	0,06	0,02	20-39	FAUX
HTH 0457	40-49	43	F	2211	0,19	0,41	0,21	0,11	0,08	20-49	VRAI
HTH 1172	40-49	43	M	1211	0,42	0,38	0,13	0,06	0,02	20-39	FAUX
Co88	40-49	43	F	2211	0,19	0,41	0,21	0,11	0,08	20-49	VRAI
Co435	40-49	45	F	1211	0,42	0,38	0,13	0,06	0,02	20-39	FAUX
Co362	40-49	46	F	2322	0,00	0,00	0,05	0,11	0,84	>60	FAUX
Co175	40-49	46	F	2412	0,00	0,02	0,02	0,12	0,84	>60	FAUX
Co175	40-49	46	F	2411	0,00	0,07	0,05	0,16	0,72	>50	FAUX
BEX 7H	40-49	46	M	2222	0,00	0,06	0,15	0,31	0,47	>40	VRAI
SPI2368	40-49	46	F	1212	0,07	0,39	0,25	0,22	0,08	30-59	VRAI
SPI2642	40-49	47	F	2212	0,02	0,26	0,24	0,23	0,26	ind	ind
SPI2661	40-49	47	M	2222	0,00	0,06	0,15	0,31	0,47	>40	VRAI
HTH 1513	40-49	48	M	2222	0,00	0,06	0,15	0,31	0,47	>40	VRAI
Co116	50-59	50	M	2222	0,00	0,06	0,15	0,31	0,47	>40	VRAI
HTH 1066	50-59	51	F	2312	0,00	0,02	0,14	0,13	0,72	>50	VRAI
SPI2746	50-59	51	M	2312	0,00	0,02	0,14	0,13	0,72	>50	VRAI
Co337	50-59	52	F	1422	0,00	0,01	0,02	0,24	0,74	>50	VRAI
PAM5H	50-59	52	M	2222	0,00	0,06	0,15	0,31	0,47	>40	VRAI
ALC26	50-59	52	M	2411	0,00	0,07	0,05	0,16	0,72	>50	VRAI
Co497	50-59	53	F	2322	0,00	0,00	0,05	0,11	0,84	>60	FAUX
Co201	50-59	53	F	2421	0,00	0,01	0,02	0,14	0,83	>60	FAUX
Co35	50-59	54	M	2322	0,00	0,00	0,05	0,11	0,84	>60	FAUX
BEX 13H	50-59	55	M	2311	0,05	0,06	0,26	0,14	0,49	>40	VRAI
SPI2369	50-59	55	F	2212	0,02	0,26	0,24	0,23	0,26	ind	ind
Co490	50-59	56	M	2421	0,00	0,01	0,02	0,14	0,83	>60	FAUX
SPI2467	50-59	57	F	1312	0,02	0,05	0,27	0,23	0,44	>40	VRAI
SPI2470	50-59	57	F	2412	0,00	0,02	0,02	0,12	0,84	>60	FAUX
Co452	50-59	59	M	2422	0,00	0,00	0,01	0,10	0,89	>60	FAUX

Tableau AV.3 (suite):

numéro	classe	âge	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2808	>60	60	M	2312	0,00	0,02	0,14	0,13	0,72	>50	VRAI
SPI2483	>60	60	M	2321	0,01	0,01	0,12	0,15	0,71	>50	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	1322	0,00	0,01	0,12	0,24	0,62	>50	VRAI
SPI2207	>60	63	M	2311	0,05	0,06	0,26	0,14	0,49	>40	VRAI
ALC9	>60	63	F	1422	0,00	0,01	0,02	0,24	0,74	>50	VRAI
HTH 0912	>60	63	M	2322	0,00	0,00	0,05	0,11	0,84	>60	VRAI
SPI2372	>60	63	F	2311	0,05	0,06	0,26	0,14	0,49	>40	VRAI
SPI2372	>60	63	F	1312	0,02	0,05	0,27	0,23	0,44	>40	VRAI
SPI2207	>60	63	M	2322	0,00	0,00	0,05	0,11	0,84	>60	VRAI
Co109	>60	64	M	2421	0,00	0,01	0,02	0,14	0,83	>60	VRAI
HTH 2594	>60	64	F	2421	0,00	0,01	0,02	0,14	0,83	>60	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	2322	0,00	0,00	0,05	0,11	0,84	>60	VRAI
SPI2184	>60	68	F	2412	0,00	0,02	0,02	0,12	0,84	>60	VRAI
HTH 0748	>60	68	F	2421	0,00	0,01	0,02	0,14	0,83	>60	VRAI
ALC35	>60	68	F	2311	0,05	0,06	0,26	0,14	0,49	>40	VRAI
Co123	>60	68	F	1222	0,02	0,13	0,21	0,42	0,22	>40	VRAI
SPI2418	>60	68	M	2311	0,05	0,06	0,26	0,14	0,49	>40	VRAI
Co290	>60	69	M	2322	0,00	0,00	0,05	0,11	0,84	>60	VRAI
SPI2182	>60	70	M	2322	0,00	0,00	0,05	0,11	0,84	>60	VRAI
SPI2818	>60	71	M	2422	0,00	0,00	0,01	0,10	0,89	>60	VRAI
Co391	>60	71	M	2421	0,00	0,01	0,02	0,14	0,83	>60	VRAI
ALC64	>60	72	F	2422	0,00	0,00	0,01	0,10	0,89	>60	VRAI
ALC69	>60	72	F	2412	0,00	0,02	0,02	0,12	0,84	>60	VRAI
ALC91	>60	72	F	2321	0,01	0,01	0,12	0,15	0,71	>60	VRAI
Co296	>60	73	F	2422	0,00	0,00	0,01	0,10	0,89	>60	VRAI
ALC42	>60	73	F	2311	0,05	0,06	0,26	0,14	0,49	>40	VRAI
APP3H	>60	75	M	2322	0,00	0,00	0,05	0,11	0,84	>60	VRAI
VAL 8H	>60	76	M	2322	0,00	0,00	0,05	0,11	0,84	>60	VRAI
ALC61	>60	76	M	2322	0,00	0,00	0,05	0,11	0,84	>60	VRAI
STP2F	>60	76	F	1322	0,00	0,01	0,12	0,24	0,62	>50	VRAI
HTH 1587	>60	76	F	2312	0,00	0,02	0,14	0,13	0,72	>50	VRAI
SPI2309	>60	77	F	2411	0,00	0,07	0,05	0,16	0,72	>50	VRAI
APP8F	>60	77	F	2322	0,00	0,00	0,05	0,11	0,84	>60	VRAI
HTH 2642	>60	78	M	1222	0,02	0,13	0,21	0,42	0,22	>40	VRAI
SPI2134	>60	79	F	2311	0,05	0,06	0,26	0,14	0,49	>40	VRAI
SPI2538	>60	81	M	2312	0,00	0,02	0,14	0,13	0,72	>50	VRAI
VAL 9H	>60	81	M	2422	0,00	0,00	0,01	0,10	0,89	>60	VRAI
ALC92	>60	81	F	2411	0,00	0,07	0,05	0,16	0,72	>50	VRAI
LSZ8H	>60	83	M	2321	0,01	0,01	0,12	0,15	0,71	>50	VRAI
HTH 1024	>60	84	F	2422	0,00	0,00	0,01	0,10	0,89	>60	VRAI
ALC21	>60	84	M	2312	0,00	0,02	0,14	0,13	0,72	>50	VRAI
ALC87	>60	85	F	2312	0,00	0,02	0,14	0,13	0,72	>50	VRAI
SPI2152	>60	86	F	2421	0,00	0,01	0,02	0,14	0,83	>60	VRAI
ALC16	>60	88	F	2422	0,00	0,00	0,01	0,10	0,89	>60	VRAI
HTH 1333	>60	89	F	2422	0,00	0,00	0,01	0,10	0,89	>60	VRAI
ALC105	>60	89	F	2411	0,00	0,07	0,05	0,16	0,72	>50	VRAI

Tableau AV.4 : distribution des probabilités a posteriori des spécimens de l'échantillon test selon le mode 2

numéro	classe	âge	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2605	20-29	20	F	1111	0.88	0.08	0.03	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 1205	20-29	21	M	1111	0.88	0.08	0.03	0.00	0.00	20-29	VRAI
Co465	20-29	21	F	2111	0.75	0.18	0.07	0.00	0.00	20-39	VRAI
Co169	20-29	21	F	2111	0.75	0.18	0.07	0.00	0.00	20-39	VRAI
SPI2799	20-29	25	M	2122	0.25	0.32	0.43	0.00	0.00	20-49	VRAI
SPI2720	20-29	25	M	1111	0.88	0.08	0.03	0.00	0.00	20-29	VRAI
Co493	20-29	26	F	1121	0.81	0.11	0.09	0.00	0.00	20-29	VRAI
Co210	20-29	27	M	2111	0.75	0.18	0.07	0.00	0.00	20-39	VRAI
SPI2142	20-29	27	F	1111	0.88	0.08	0.03	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 2356	20-29	27	F	2211	0.20	0.42	0.23	0.13	0.01	20-39	VRAI
HTH 0681	20-29	28	F	2111	0.75	0.18	0.07	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 1059	20-29	28	F	2211	0.20	0.42	0.23	0.13	0.01	20-49	VRAI
Co144	20-29	29	F	2111	0.75	0.18	0.07	0.00	0.00	20-39	VRAI
Co182	30-39	30	F	2222	0.02	0.17	0.34	0.36	0.11	30-59	FAUX
Co454	30-39	30	F	2122	0.25	0.32	0.43	0.00	0.00	20-49	VRAI
HTH 1089	30-39	31	F	2111	0.75	0.18	0.07	0.00	0.00	20-39	VRAI
SPI2286	30-39	34	M	2211	0.20	0.42	0.23	0.13	0.01	20-39	VRAI
SPI2281	30-39	35	F	1211	0.40	0.32	0.19	0.09	0.00	20-49	VRAI
SPI2301	30-39	35	F	1212	0.11	0.32	0.33	0.23	0.01	30-59	VRAI
Co113	30-39	37	M	2221	0.10	0.29	0.33	0.23	0.05	30-59	VRAI
Co298	30-39	38	F	2411	0.00	0.21	0.10	0.32	0.37	ind	ind
Co253	30-39	38	M	2211	0.20	0.42	0.23	0.13	0.01	ind	ind
HTH 0454	30-39	38	F	2312	0.00	0.07	0.21	0.35	0.37	>40	FAUX
Co298	30-39	38	F	2421	0.00	0.05	0.05	0.22	0.67	>50	FAUX
SPI2542	30-39	39	M	2221	0.10	0.29	0.33	0.23	0.05	30-59	VRAI
SPI2957	30-39	39	F	2321	0.01	0.05	0.18	0.25	0.52	>40	FAUX
HTH 0457	40-49	43	F	1211	0.40	0.32	0.19	0.09	0.00	20-49	VRAI
HTH 0457	40-49	43	F	2211	0.20	0.42	0.23	0.13	0.01	20-49	VRAI
HTH 1172	40-49	43	M	1211	0.40	0.32	0.19	0.09	0.00	20-49	VRAI
Co88	40-49	43	F	2211	0.20	0.42	0.23	0.13	0.01	20-49	VRAI
Co435	40-49	45	F	1211	0.40	0.32	0.19	0.09	0.00	20-49	VRAI
Co362	40-49	46	F	2322	0.00	0.02	0.11	0.24	0.63	>50	FAUX
Co175	40-49	46	F	2412	0.00	0.09	0.07	0.34	0.50	>50	FAUX
Co175	40-49	46	F	2411	0.00	0.21	0.10	0.32	0.37	ind	ind
BEX 7H	40-49	46	M	2222	0.02	0.17	0.34	0.36	0.11	30-59	ind
SPI2368	40-49	46	F	1212	0.11	0.32	0.33	0.23	0.01	30-59	VRAI
SPI2642	40-49	47	F	2212	0.04	0.34	0.32	0.27	0.03	30-59	VRAI
SPI2661	40-49	47	M	2222	0.02	0.17	0.34	0.36	0.11	30-59	VRAI
HTH 1513	40-49	48	M	2222	0.02	0.17	0.34	0.36	0.11	30-59	VRAI
Co116	50-59	50	M	2222	0.02	0.17	0.34	0.36	0.11	30-59	VRAI
HTH 1066	50-59	51	F	2312	0.00	0.07	0.21	0.35	0.37	>40	VRAI
SPI2746	50-59	51	M	2312	0.00	0.07	0.21	0.35	0.37	>40	VRAI
Co337	50-59	52	F	1422	0.00	0.03	0.06	0.31	0.60	>50	VRAI
PAM5H	50-59	52	M	2222	0.02	0.17	0.34	0.36	0.11	30-59	VRAI
ALC26	50-59	52	M	2411	0.00	0.21	0.10	0.32	0.37	ind	ind
Co497	50-59	53	F	2322	0.00	0.02	0.11	0.24	0.63	>50	VRAI
Co201	50-59	53	F	2421	0.00	0.05	0.05	0.22	0.67	>50	VRAI
Co35	50-59	54	M	2322	0.00	0.02	0.11	0.24	0.63	>50	VRAI
BEX 13H	50-59	55	M	2311	0.03	0.15	0.28	0.30	0.25	>40	VRAI
SPI2369	50-59	55	F	2212	0.04	0.34	0.32	0.27	0.03	30-59	VRAI
Co490	50-59	56	M	2421	0.00	0.05	0.05	0.22	0.67	>50	VRAI
SPI2467	50-59	57	F	1312	0.01	0.08	0.29	0.40	0.22	>40	VRAI

Tableau AV.4 (suite)

numéro	classe	âge	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2470	50-59	57	F	2412	0.00	0.09	0.07	0.34	0.50	>50	VRAI
Co452	50-59	59	M	2422	0.00	0.02	0.03	0.20	0.75	>50	VRAI
SPI2808	>60	60	M	2312	0.00	0.07	0.21	0.35	0.37	>40	VRAI
SPI2483	>60	60	M	2321	0.01	0.05	0.18	0.25	0.52	>40	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	1322	0.00	0.03	0.19	0.33	0.46	>40	VRAI
SPI2207	>60	63	M	2311	0.03	0.15	0.28	0.30	0.25	>40	VRAI
ALC9	>60	63	F	1422	0.00	0.03	0.06	0.31	0.60	>50	VRAI
HTH 0912	>60	63	M	2322	0.00	0.02	0.11	0.24	0.63	>50	VRAI
SPI2372	>60	63	F	2311	0.03	0.15	0.28	0.30	0.25	>40	VRAI
SPI2372	>60	63	F	1312	0.01	0.08	0.29	0.40	0.22	>40	VRAI
SPI2207	>60	63	M	2322	0.00	0.02	0.11	0.24	0.63	>50	VRAI
Co109	>60	64	M	2421	0.00	0.05	0.05	0.22	0.67	>50	VRAI
HTH 2594	>60	64	F	2421	0.00	0.05	0.05	0.22	0.67	>50	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	2322	0.00	0.02	0.11	0.24	0.63	>50	VRAI
SPI2184	>60	68	F	2412	0.00	0.09	0.07	0.34	0.50	>50	VRAI
HTH 0748	>60	68	F	2421	0.00	0.05	0.05	0.22	0.67	>50	VRAI
ALC35	>60	68	F	2311	0.03	0.15	0.28	0.30	0.25	>40	VRAI
Co123	>60	68	F	1222	0.04	0.18	0.38	0.34	0.05	30-59	FAUX
SPI2418	>60	68	M	2311	0.03	0.15	0.28	0.30	0.25	>40	VRAI
Co290	>60	69	M	2322	0.00	0.02	0.11	0.24	0.63	>50	VRAI
SPI2182	>60	70	M	2322	0.00	0.02	0.11	0.24	0.63	>50	VRAI
SPI2818	>60	71	M	2422	0.00	0.02	0.03	0.20	0.75	>50	VRAI
Co391	>60	71	M	2421	0.00	0.05	0.05	0.22	0.67	>50	VRAI
ALC64	>60	72	F	2422	0.00	0.02	0.03	0.20	0.75	>50	VRAI
ALC69	>60	72	F	2412	0.00	0.09	0.07	0.34	0.50	>50	VRAI
ALC91	>60	72	F	2321	0.01	0.05	0.18	0.25	0.52	>50	VRAI
Co296	>60	73	F	2422	0.00	0.02	0.03	0.20	0.75	>50	VRAI
ALC42	>60	73	F	2311	0.03	0.15	0.28	0.30	0.25	>50	VRAI
APP3H	>60	75	M	2322	0.00	0.02	0.11	0.24	0.63	>50	VRAI
VAL 8H	>60	76	M	2322	0.00	0.02	0.11	0.24	0.63	>50	VRAI
ALC61	>60	76	M	2322	0.00	0.02	0.11	0.24	0.63	>50	VRAI
STP2F	>60	76	F	1322	0.00	0.03	0.19	0.33	0.46	>40	VRAI
HTH 1587	>60	76	F	2312	0.00	0.07	0.21	0.35	0.37	>40	VRAI
SPI2309	>60	77	F	2411	0.00	0.21	0.10	0.32	0.37	ind	ind
APP8F	>60	77	F	2322	0.00	0.02	0.11	0.24	0.63	>50	VRAI
HTH 2642	>60	78	M	1222	0.04	0.18	0.38	0.34	0.05	30-59	FAUX
SPI2134	>60	79	F	2311	0.03	0.15	0.28	0.30	0.25	>40	VRAI
SPI2538	>60	81	M	2312	0.00	0.07	0.21	0.35	0.37	>40	VRAI
VAL 9H	>60	81	M	2422	0.00	0.02	0.03	0.20	0.75	>50	VRAI
ALC92	>60	81	F	2411	0.00	0.21	0.10	0.32	0.37	ind	ind
LSZ8H	>60	83	M	2321	0.01	0.05	0.18	0.25	0.52	>40	VRAI
HTH 1024	>60	84	F	2422	0.00	0.02	0.03	0.20	0.75	>50	VRAI
ALC21	>60	84	M	2312	0.00	0.07	0.21	0.35	0.37	>40	VRAI
ALC87	>60	85	F	2312	0.00	0.07	0.21	0.35	0.37	>40	VRAI
SPI2152	>60	86	F	2421	0.00	0.05	0.05	0.22	0.67	>50	VRAI
ALC16	>60	88	F	2422	0.00	0.02	0.03	0.20	0.75	>50	VRAI
HTH 1333	>60	89	F	2422	0.00	0.02	0.03	0.20	0.75	>50	VRAI
ALC105	>60	89	F	2411	0.00	0.21	0.10	0.32	0.37	ind	ind

2 SSPI-TI : surface sacro-pelvienne iliaque sans la tubérosité iliaque

Tableau AV.5 : : distribution des probabilités a posteriori des spécimens de l'échantillon test selon le mode 1

spécimens	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	exactitude
SPI2605	20-29	20	F	111	0.66	0.22	0.08	0.04	0.00	20-39	VRAI
HTH 1205	20-29	21	M	111	0.85	0.11	0.03	0.01	0.00	20-29	VRAI
Co465	20-29	21	F	211	0.66	0.22	0.08	0.04	0.00	20-39	VRAI
Co169	20-29	21	F	211	0.13	0.36	0.22	0.15	0.14	ind	ind
SPI2799	20-29	25	M	212	0.49	0.17	0.16	0.18	0.00	20-49	VRAI
SPI2720	20-29	25	M	111	0.85	0.11	0.03	0.01	0.00	20-39	VRAI
Co493	20-29	26	F	112	0.66	0.22	0.08	0.04	0.00	20-39	VRAI
Co210	20-29	27	M	211	0.66	0.22	0.08	0.04	0.00	20-29	VRAI
SPI2142	20-29	27	F	111	0.85	0.11	0.03	0.01	0.00	20-29	VRAI
HTH 2356	20-29	27	F	221	0.33	0.38	0.16	0.10	0.03	20-49	VRAI
HTH 0681	20-29	28	F	211	0.66	0.22	0.08	0.04	0.00	20-39	VRAI
HTH 1059	20-29	28	F	221	0.85	0.11	0.03	0.01	0.00	20-29	VRAI
Co144	20-29	29	F	211	0.85	0.11	0.03	0.01	0.00	20-29	VRAI
Co182	30-39	30	F	222	0.13	0.36	0.22	0.15	0.14	ind	ind
Co454	30-39	30	F	212	0.13	0.36	0.22	0.15	0.14	ind	ind
HTH 1089	30-39	31	F	211	0.04	0.12	0.19	0.29	0.37	>40	FAUX
SPI2286	30-39	34	M	221	0.13	0.36	0.22	0.15	0.14	ind	ind
SPI2281	30-39	35	F	121	0.13	0.36	0.22	0.15	0.14	ind	ind
SPI2301	30-39	35	F	121	0.04	0.12	0.19	0.29	0.37	>40	FAUX
Co113	30-39	37	M	222	0.13	0.36	0.22	0.15	0.14	ind	ind
Co298	30-39	38	F	241	0.13	0.36	0.22	0.15	0.14	ind	ind
Co253	30-39	38	M	221	0.33	0.38	0.16	0.10	0.03	20-49	VRAI
HTH 0454	30-39	38	F	231	0.00	0.01	0.01	0.11	0.87	>60	FAUX
Co298	30-39	38	F	242	0.03	0.03	0.19	0.13	0.61	>40	FAUX
SPI2542	30-39	39	M	222	0.04	0.12	0.19	0.29	0.37	>40	FAUX
SPI2957	30-39	39	F	232	0.33	0.38	0.16	0.10	0.03	20-49	VRAI
HTH 0457	40-49	43	F	121	0.66	0.22	0.08	0.04	0.00	20-39	FAUX
HTH 0457	40-49	43	F	221	0.33	0.38	0.16	0.10	0.03	20-49	VRAI
HTH 1172	40-49	43	M	121	0.14	0.08	0.30	0.19	0.30	ind	ind
Co88	40-49	43	F	221	0.85	0.11	0.03	0.01	0.00	20-29	FAUX
Co435	40-49	45	F	121	0.00	0.01	0.08	0.12	0.79	>50	FAUX
Co362	40-49	46	F	232	0.66	0.22	0.08	0.04	0.00	20-39	FAUX
Co175	40-49	46	F	241	0.03	0.03	0.19	0.13	0.61	>40	VRAI
Co175	40-49	46	F	241	0.00	0.01	0.08	0.12	0.79	>50	FAUX
BEX 7H	40-49	46	M	222	0.17	0.20	0.21	0.30	0.13	ind	ind
SPI2368	40-49	46	F	121	0.04	0.12	0.19	0.29	0.37	>40	VRAI
SPI2642	40-49	47	F	221	0.13	0.36	0.22	0.15	0.14	ind	ind
SPI2661	40-49	47	M	222	0.03	0.03	0.19	0.13	0.61	>40	VRAI
HTH 1513	40-49	48	M	222	0.17	0.20	0.21	0.30	0.13	ind	ind
Co116	50-59	50	M	222	0.03	0.03	0.19	0.13	0.61	>40	VRAI
HTH 1066	50-59	51	F	231	0.00	0.01	0.01	0.11	0.87	>60	FAUX
SPI2746	50-59	51	M	231	0.13	0.36	0.22	0.15	0.14	ind	ind
Co337	50-59	52	F	142	0.03	0.03	0.19	0.13	0.61	>40	VRAI
PAM5H	50-59	52	M	222	0.04	0.12	0.19	0.29	0.37	>40	VRAI
ALC26	50-59	52	M	241	0.00	0.01	0.08	0.12	0.79	>50	VRAI
Co497	50-59	53	F	232	0.00	0.01	0.08	0.12	0.79	>50	VRAI
Co201	50-59	53	F	242	0.04	0.12	0.19	0.29	0.37	>40	VRAI
Co35	50-59	54	M	232	0.04	0.12	0.19	0.29	0.37	>40	VRAI
BEX 13H	50-59	55	M	231	0.04	0.12	0.19	0.29	0.37	>40	VRAI
SPI2369	50-59	55	F	221	0.14	0.08	0.30	0.19	0.30	ind	ind
Co490	50-59	56	M	242	0.13	0.36	0.22	0.15	0.14	ind	ind
SPI2467	50-59	57	F	131	0.03	0.03	0.19	0.13	0.61	>40	VRAI

Tableau AV.5 (suite)

spécimens	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	exactitude
SPI2470	50-59	57	F	241	0.13	0.36	0.22	0.15	0.14	ind	ind
Co452	50-59	59	M	242	0.03	0.03	0.19	0.13	0.61	>40	VRAI
SPI2808	>60	60	M	231	0.00	0.01	0.01	0.11	0.87	>60	VRAI
SPI2483	>60	60	M	232	0.00	0.01	0.01	0.11	0.87	>60	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	132	0.00	0.04	0.03	0.14	0.79	>50	VRAI
SPI2207	>60	63	M	231	0.00	0.01	0.08	0.12	0.79	>50	VRAI
ALC9	>60	63	F	142	0.00	0.01	0.01	0.11	0.87	>60	VRAI
HTH 0912	>60	63	M	232	0.03	0.03	0.19	0.13	0.61	>40	VRAI
SPI2372	>60	63	F	231	0.00	0.01	0.01	0.11	0.87	>60	VRAI
SPI2372	>60	63	F	131	0.00	0.01	0.01	0.11	0.87	>60	VRAI
SPI2207	>60	63	M	232	0.03	0.02	0.17	0.25	0.53	>40	VRAI
Co109	>60	64	M	242	0.00	0.01	0.08	0.12	0.79	>50	VRAI
HTH 2594	>60	64	F	242	0.00	0.04	0.03	0.14	0.79	>50	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	232	0.00	0.02	0.03	0.26	0.69	>50	VRAI
SPI2184	>60	68	F	241	0.00	0.01	0.08	0.12	0.79	>50	VRAI
HTH 0748	>60	68	F	242	0.00	0.01	0.01	0.11	0.87	>60	VRAI
ALC35	>60	68	F	231	0.03	0.03	0.19	0.13	0.61	>40	VRAI
Co123	>60	68	F	122	0.00	0.01	0.01	0.11	0.87	>60	VRAI
SPI2418	>60	68	M	231	0.00	0.01	0.01	0.11	0.87	>60	VRAI
Co290	>60	69	M	232	0.00	0.01	0.08	0.12	0.79	>50	VRAI
SPI2182	>60	70	M	232	0.00	0.01	0.01	0.11	0.87	>60	VRAI
SPI2818	>60	71	M	242	0.03	0.03	0.19	0.13	0.61	>40	VRAI
Co391	>60	71	M	242	0.03	0.02	0.17	0.25	0.53	>40	VRAI
ALC64	>60	72	F	242	0.17	0.20	0.21	0.30	0.13	ind	ind
ALC69	>60	72	F	241	0.17	0.20	0.21	0.30	0.13	ind	ind
ALC91	>60	72	F	232	0.00	0.01	0.08	0.12	0.79	>50	VRAI
Co296	>60	73	F	242	0.00	0.01	0.08	0.12	0.79	>50	VRAI
ALC42	>60	73	F	231	0.00	0.04	0.03	0.14	0.79	>50	VRAI
APP3H	>60	75	M	232	0.14	0.08	0.30	0.19	0.30	ind	ind
VAL 8H	>60	76	M	232	0.03	0.03	0.19	0.13	0.61	>40	VRAI
ALC61	>60	76	M	232	0.00	0.04	0.03	0.14	0.79	>50	VRAI
STP2F	>60	76	F	132	0.03	0.03	0.19	0.13	0.61	>40	VRAI
HTH 1587	>60	76	F	231	0.00	0.01	0.01	0.11	0.87	>60	VRAI
SPI2309	>60	77	F	241	0.03	0.03	0.19	0.13	0.61	>40	VRAI
APP8F	>60	77	F	232	0.00	0.01	0.01	0.11	0.87	>60	VRAI
HTH 2642	>60	78	M	122	0.03	0.03	0.19	0.13	0.61	>40	VRAI
SPI2134	>60	79	F	231	0.03	0.03	0.19	0.13	0.61	>40	VRAI
SPI2538	>60	81	M	231	0.00	0.01	0.08	0.12	0.79	>50	VRAI
VAL 9H	>60	81	M	242	0.03	0.03	0.19	0.13	0.61	>40	VRAI
ALC92	>60	81	F	241	0.00	0.01	0.08	0.12	0.79	>50	VRAI
LSZ8H	>60	83	M	232	0.00	0.01	0.01	0.11	0.87	>60	VRAI
HTH 1024	>60	84	F	242	0.00	0.01	0.08	0.12	0.79	>50	VRAI
ALC21	>60	84	M	231	0.00	0.01	0.08	0.12	0.79	>50	VRAI
ALC87	>60	85	F	231	0.00	0.01	0.08	0.12	0.79	>50	VRAI
SPI2152	>60	86	F	242	0.00	0.01	0.08	0.12	0.79	>50	VRAI
ALC16	>60	88	F	242	0.03	0.03	0.19	0.13	0.61	>40	VRAI
HTH 1333	>60	89	F	242	0.00	0.04	0.03	0.14	0.79	>50	VRAI
ALC105	>60	89	F	241	0.03	0.03	0.19	0.13	0.61	>40	VRAI

Tableau AV.6 : distribution des probabilités a posteriori des spécimens de l'échantillon test selon le mode 2

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	exactitude
SPI2605	20-29	19	F	111	0.85	0.10	0.05	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 1205	20-29	21	M	111	0.85	0.10	0.05	0.00	0.00	20-29	VRAI
Co465	20-29	21	F	211	0.68	0.22	0.10	0.00	0.00	20-39	VRAI
Co169	20-29	21	F	211	0.68	0.22	0.10	0.00	0.00	20-39	VRAI
SPI2799	20-29	25	M	212	0.53	0.24	0.23	0.00	0.00	20-49	VRAI
SPI2720	20-29	25	M	111	0.85	0.10	0.05	0.00	0.00	20-29	VRAI
Co493	20-29	26	F	112	0.74	0.13	0.13	0.00	0.00	20-39	VRAI
Co210	20-29	27	M	211	0.68	0.22	0.10	0.00	0.00	20-39	VRAI
SPI2142	20-29	27	F	111	0.85	0.10	0.05	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 2356	20-29	27	F	221	0.14	0.39	0.27	0.18	0.02	20-49	VRAI
HTH 0681	20-29	28	F	211	0.68	0.22	0.10	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 1059	20-29	28	F	221	0.14	0.39	0.27	0.18	0.02	20-49	VRAI
Co144	20-29	29	F	211	0.68	0.22	0.10	0.00	0.00	20-39	VRAI
Co182	30-39	30	F	222	0.06	0.24	0.33	0.29	0.08	30-59	VRAI
Co454	30-39	30	F	212	0.53	0.24	0.23	0.00	0.00	20-49	VRAI
HTH 1089	30-39	31	F	211	0.68	0.22	0.10	0.00	0.00	20-39	VRAI
SPI2286	30-39	34	M	221	0.14	0.39	0.27	0.18	0.02	20-49	VRAI
SPI2281	30-39	35	F	121	0.30	0.32	0.24	0.14	0.01	20-49	VRAI
SPI2301	30-39	35	F	121	0.30	0.32	0.24	0.14	0.01	20-49	VRAI
Co113	30-39	37	M	222	0.06	0.24	0.33	0.29	0.08	30-59	VRAI
Co298	30-39	38	F	241	0.00	0.14	0.08	0.33	0.44	>40	FAUX
Co253	30-39	38	M	221	0.14	0.39	0.27	0.18	0.02	20-49	VRAI
HTH 0454	30-39	38	F	231	0.01	0.10	0.24	0.33	0.31	>40	FAUX
Co298	30-39	38	F	242	0.00	0.03	0.04	0.21	0.72	>50	FAUX
SPI2542	30-39	39	M	222	0.06	0.24	0.33	0.29	0.08	30-59	VRAI
SPI2957	30-39	39	F	232	0.00	0.03	0.14	0.24	0.59	>50	FAUX
HTH 0457	40-49	43	F	121	0.30	0.32	0.24	0.14	0.01	20-49	VRAI
HTH 0457	40-49	43	F	221	0.14	0.39	0.27	0.18	0.02	20-49	VRAI
HTH 1172	40-49	43	M	121	0.30	0.32	0.24	0.14	0.01	20-49	VRAI
Co88	40-49	43	F	221	0.14	0.39	0.27	0.18	0.02	20-49	VRAI
Co435	40-49	45	F	121	0.30	0.32	0.24	0.14	0.01	20-49	VRAI
Co362	40-49	46	F	232	0.00	0.03	0.14	0.24	0.59	>50	FAUX
Co175	40-49	46	F	241	0.00	0.14	0.08	0.33	0.44	>40	VRAI
Co175	40-49	46	F	241	0.00	0.14	0.08	0.33	0.44	>40	VRAI
BEX 7H	40-49	46	M	222	0.06	0.24	0.33	0.29	0.08	30-59	VRAI
SPI2368	40-49	46	F	121	0.30	0.32	0.24	0.14	0.01	20-49	VRAI
SPI2642	40-49	47	F	221	0.14	0.39	0.27	0.18	0.02	20-49	VRAI
SPI2661	40-49	47	M	222	0.06	0.24	0.33	0.29	0.08	30-59	VRAI
HTH 1513	40-49	48	M	222	0.06	0.24	0.33	0.29	0.08	30-59	VRAI
Co116	50-59	50	M	222	0.06	0.24	0.33	0.29	0.08	30-59	VRAI
HTH 1066	50-59	51	F	231	0.01	0.10	0.24	0.33	0.31	>40	VRAI
SPI2746	50-59	51	M	231	0.01	0.10	0.24	0.33	0.31	>40	VRAI
Co337	50-59	52	F	142	0.00	0.05	0.07	0.31	0.56	>50	VRAI
PAM5H	50-59	52	M	222	0.06	0.24	0.33	0.29	0.08	30-59	VRAI
ALC26	50-59	52	M	241	0.00	0.14	0.08	0.33	0.44	>40	VRAI
Co497	50-59	53	F	232	0.00	0.03	0.14	0.24	0.59	>50	VRAI
Co201	50-59	53	F	242	0.00	0.03	0.04	0.21	0.72	>50	VRAI
Co35	50-59	54	M	232	0.00	0.03	0.14	0.24	0.59	>50	VRAI
BEX 13H	50-59	55	M	231	0.01	0.10	0.24	0.33	0.31	>40	VRAI
SPI2369	50-59	55	F	221	0.14	0.39	0.27	0.18	0.02	20-49	FAUX
Co490	50-59	56	M	242	0.00	0.03	0.04	0.21	0.72	>50	VRAI
SPI2467	50-59	57	F	131	0.04	0.12	0.31	0.35	0.17	>40	VRAI

Tableau AV.6 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	exactitude
SPI2470	50-59	57	F	241	0.00	0.14	0.08	0.33	0.44	>40	VRAI
Co452	50-59	59	M	242	0.00	0.03	0.04	0.21	0.72	>50	VRAI
SPI2808	>60	60	M	231	0.01	0.10	0.24	0.33	0.31	>40	VRAI
SPI2483	>60	60	M	232	0.00	0.03	0.14	0.24	0.59	>50	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	132	0.01	0.04	0.22	0.32	0.40	>40	VRAI
SPI2207	>60	63	M	231	0.01	0.10	0.24	0.33	0.31	>40	VRAI
ALC9	>60	63	F	142	0.00	0.05	0.07	0.31	0.56	>50	VRAI
HTH 0912	>60	63	M	232	0.00	0.03	0.14	0.24	0.59	>50	VRAI
SPI2372	>60	63	F	231	0.01	0.10	0.24	0.33	0.31	>40	VRAI
SPI2372	>60	63	F	131	0.04	0.12	0.31	0.35	0.17	>40	VRAI
SPI2207	>60	63	M	232	0.00	0.03	0.14	0.24	0.59	>50	VRAI
Co109	>60	64	M	242	0.00	0.03	0.04	0.21	0.72	>50	VRAI
HTH 2594	>60	64	F	242	0.00	0.03	0.04	0.21	0.72	>50	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	232	0.00	0.03	0.14	0.24	0.59	>50	VRAI
SPI2184	>60	68	F	241	0.00	0.14	0.08	0.33	0.44	>40	VRAI
HTH 0748	>60	68	F	242	0.00	0.03	0.04	0.21	0.72	>50	VRAI
ALC35	>60	68	F	231	0.01	0.10	0.24	0.33	0.31	>40	VRAI
Co123	>60	68	F	122	0.15	0.22	0.34	0.25	0.03	ind	ind
SPI2418	>60	68	M	231	0.01	0.10	0.24	0.33	0.31	>40	VRAI
Co290	>60	69	M	232	0.00	0.03	0.14	0.24	0.59	>50	VRAI
SPI2182	>60	70	M	232	0.00	0.03	0.14	0.24	0.59	>50	VRAI
SPI2818	>60	71	M	242	0.00	0.03	0.04	0.21	0.72	>50	VRAI
Co391	>60	71	M	242	0.00	0.03	0.04	0.21	0.72	>50	VRAI
ALC64	>60	72	F	242	0.00	0.03	0.04	0.21	0.72	>50	VRAI
ALC69	>60	72	F	241	0.00	0.14	0.08	0.33	0.44	>40	VRAI
ALC91	>60	72	F	232	0.00	0.03	0.14	0.24	0.59	>50	VRAI
Co296	>60	73	F	242	0.00	0.03	0.04	0.21	0.72	>50	VRAI
ALC42	>60	73	F	231	0.01	0.10	0.24	0.33	0.31	>40	VRAI
APP3H	>60	75	M	232	0.00	0.03	0.14	0.24	0.59	>50	VRAI
VAL 8H	>60	76	M	232	0.00	0.03	0.14	0.24	0.59	>50	VRAI
ALC61	>60	76	M	232	0.00	0.03	0.14	0.24	0.59	>50	VRAI
STP2F	>60	76	F	132	0.01	0.04	0.22	0.32	0.40	>40	VRAI
HTH 1587	>60	76	F	231	0.01	0.10	0.24	0.33	0.31	>40	VRAI
SPI2309	>60	77	F	241	0.00	0.14	0.08	0.33	0.44	>40	VRAI
APP8F	>60	77	F	232	0.00	0.03	0.14	0.24	0.59	>50	VRAI
HTH 2642	>60	78	M	122	0.15	0.22	0.34	0.25	0.03	ind	ind
SPI2134	>60	79	F	231	0.01	0.10	0.24	0.33	0.31	>40	VRAI
SPI2538	>60	81	M	231	0.01	0.10	0.24	0.33	0.31	>40	VRAI
VAL 9H	>60	81	M	242	0.00	0.03	0.04	0.21	0.72	>50	VRAI
ALC92	>60	81	F	241	0.00	0.14	0.08	0.33	0.44	>40	VRAI
LSZ8H	>60	83	M	232	0.00	0.03	0.14	0.24	0.59	>50	VRAI
HTH 1024	>60	84	F	242	0.00	0.03	0.04	0.21	0.72	>50	VRAI
ALC21	>60	84	M	231	0.01	0.10	0.24	0.33	0.31	>40	VRAI
ALC87	>60	85	F	231	0.01	0.10	0.24	0.33	0.31	>40	VRAI
SPI2152	>60	86	F	242	0.00	0.03	0.04	0.21	0.72	>50	VRAI
ALC16	>60	88	F	242	0.00	0.03	0.04	0.21	0.72	>50	VRAI
HTH 1333	>60	89	F	242	0.00	0.03	0.04	0.21	0.72	>50	VRAI
ALC105	>60	89	F	241	0.00	0.14	0.08	0.33	0.44	>40	VRAI

3 SSPI+SPU : surface sacro-pelvienne iliaque combinée à la symphyse pubienne

Tableau AV.7 : matrice de contingence par classes d'âge et par score de l'échantillon de référence de SSPI+SPU, selon une distribution par âge conforme à une espérance de vie à la naissance de 30 ans ($e_0=30$)

SPUA	classe	SPUA1	SPUA2	SPUA3	total	
	20-29	20	27	11	58	
	30-39	1	18	38	57	
	40-49	0	7	49	56	
	50-59	0	4	61	65	
	>60	0	9	191	200	
SPUB	classe	SPUB1	SPUB2	SPUB3	total	
	20-29	25	13	20	58	
	30-39	2	20	35	57	
	40-49	0	12	44	56	
	50-59	1	15	49	65	
	>60	0	33	167	200	
SPUC	classe	SPUC1	SPUC2	total		
	20-29	48	10	58		
	30-39	48	9	57		
	40-49	36	20	56		
	50-59	35	30	65		
	>60	88	112	200		
SSPIA	classe	SSPIA1	SSPIA2	total		
	20-29	27	31	58		
	30-39	14	43	57		
	40-49	12	44	56		
	50-59	8	57	65		
	>60	17	183	200		
SSPIB	classe	SSPIB1	SSPIB2	SSPIB3	SSPIB4	total
	20-29	38	18	2	0	58
	30-39	7	44	4	2	57
	40-49	3	35	15	3	56
	50-59	1	27	23	14	65
	>60	0	31	92	77	200
SSPIC	classe	SSPIC1	SSPIC2	total		
	20-29	48	10	58		
	30-39	45	12	57		
	40-49	33	23	56		
	50-59	27	38	65		
	>60	70	130	200		
SSPID	classe	SSPID1	SSPID2	total		
	20-29	54	4	58		
	30-39	36	21	57		
	40-49	29	27	56		
	50-59	24	41	65		
	>60	80	120	200		

Tableau AV.8 : matrice de contingence par classes d'âge et par score de l'échantillon de référence de SSPI+SPU, selon une distribution par âge uniforme

SPUA	classe d'âge	SPUA1	SPUA2	SPUA3	total	
	20-29	15	24	11	50	
	30-39	1	16	33	50	
	40-49	0	4	46	50	
	50-59	0	2	48	50	
	>60	0	4	46	50	
SPUB	classe d'âge	SPUB1	SPUB2	SPUB3	total	
	20-29	18	12	20	50	
	30-39	2	17	31	50	
	40-49	0	9	41	50	
	50-59	0	11	39	50	
	>60	0	10	40	50	
SPUC	classe d'âge	SPUC1	SPUC2		total	
	20-29	41	9		50	
	30-39	42	8		50	
	40-49	31	19		50	
	50-59	27	23		50	
	>60	26	24		50	
SSPIA	classe d'âge	SSPIA1	SSPIA2		total	
	20-29	21	29		50	
	30-39	14	36		50	
	40-49	12	38		50	
	50-59	6	44		50	
	>60	2	48		50	
SSPIB	classe d'âge	SSPIB1	SSPIB2	SSPIB3	SSPIB4	total
	20-29	34	14	2	0	50
	30-39	6	41	2	1	50
	40-49	3	31	13	3	50
	50-59	1	18	19	12	50
	>60	0	13	22	15	50
SSPIC	classe d'âge	SSPIC1	SSPIC2			total
	20-29	41	9			50
	30-39	41	9			50
	40-49	29	21			50
	50-59	19	31			50
	>60	26	24			50
SSPID	classe d'âge	SSPID1	SSPID2			total
	20-29	47	3			50
	30-39	35	15			50
	40-49	26	24			50
	50-59	19	31			50
	>60	20	30			50

Tableau AV.9 : distribution des probabilités a posteriori des spécimens de l'échantillon test selon le mode 1

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co124	20-29	20	M	1112111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
Co138	20-29	21	M	1112111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 2838	20-29	22	F	2112111	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0862	20-29	23	M	2111111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2799	20-29	25	M	3322122	0.01	0.11	0.46	0.43	0.00	40-59	FAUX
HTH 1272	20-29	26	M	2222211	0.25	0.53	0.15	0.04	0.03	20-49	VRAI
Co473	20-29	26	M	2211211	0.51	0.46	0.04	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 0675	20-29	27	F	3322211	0.01	0.17	0.33	0.19	0.29	ind	ind
HTH 0675	20-29	27	F	3312222	0.00	0.08	0.23	0.32	0.37	>40	FAUX
HTH 0681	20-29	28	F	2212311	0.21	0.42	0.18	0.07	0.12	20-49	VRAI
Co128	20-29	28	M	3211111	0.71	0.25	0.04	0.00	0.00	20-39	VRAI
Co144	20-29	29	F	3312111	0.40	0.43	0.15	0.02	0.00	20-39	VRAI
HTH 0644	20-29	29	F	1111111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2667	30-39	30	F	3221212	0.01	0.29	0.36	0.22	0.12	30-59	VRAI
Co182	30-39	30	F	3212222	0.00	0.17	0.22	0.35	0.26	>40	FAUX
SPI2185	30-39	33	M	3321112	0.12	0.33	0.45	0.11	0.00	20-49	VRAI
SPI2185	30-39	33	M	3311112	0.17	0.54	0.25	0.04	0.00	20-49	VRAI
HTH 1447	30-39	34	M	3312221	0.01	0.17	0.30	0.22	0.30	>40	FAUX
HTH 1051	30-39	34	M	3322221	0.00	0.04	0.22	0.25	0.49	>40	FAUX
ALC23	30-39	34	M	3312212	0.00	0.30	0.31	0.21	0.19	30-59	VRAI
ECH12H	30-39	36	M	3312211	0.03	0.45	0.30	0.11	0.11	30-59	VRAI
HTH 2923	30-39	37	F	3312211	0.03	0.45	0.30	0.11	0.11	30-59	VRAI
HTH 1150	30-39	38	M	3322212	0.00	0.09	0.27	0.28	0.37	>40	FAUX
Co298	30-39	38	F	2312421	0.00	0.08	0.07	0.15	0.70	>50	FAUX
HTH 0339	30-39	38	F	2322211	0.18	0.43	0.25	0.07	0.07	20-49	VRAI
Co298	30-39	38	F	2312411	0.00	0.33	0.12	0.12	0.43	ind	ind
Co28	40-49	41	M	3312211	0.03	0.45	0.30	0.11	0.11	30-59	VRAI
SPI2956	40-49	43	F	3212312	0.00	0.07	0.17	0.25	0.51	>40	VRAI
Co203	40-49	43	M	3212211	0.05	0.62	0.19	0.08	0.05	30-49	VRAI
HTH 3190	40-49	43	M	3312321	0.00	0.01	0.11	0.16	0.73	>50	FAUX
Co406	40-49	43	F	3211312	0.01	0.15	0.30	0.24	0.31	>40	VRAI
Co317	40-49	43	F	3312321	0.00	0.01	0.11	0.16	0.73	>50	FAUX
Co406	40-49	43	F	3212322	0.00	0.01	0.08	0.25	0.66	>50	FAUX
SPI2613	40-49	46	M	2222212	0.03	0.53	0.23	0.13	0.08	30-59	VRAI
HTH 3581	40-49	46	F	3312111	0.40	0.43	0.15	0.02	0.00	20-39	FAUX
Co175	40-49	46	F	3322412	0.00	0.00	0.02	0.13	0.84	>60	FAUX
HTH 3107	40-49	47	F	2322221	0.07	0.21	0.32	0.17	0.24	ind	ind
SPI2661	40-49	47	M	3212222	0.00	0.17	0.22	0.35	0.26	>40	VRAI
HTH 0255	40-49	48	M	3321211	0.06	0.27	0.43	0.13	0.13	30-59	VRAI
Co116	50-59	50	M	3212222	0.00	0.17	0.22	0.35	0.26	>40	VRAI
HTH 0516	50-59	51	F	3322212	0.00	0.09	0.27	0.28	0.37	>40	VRAI
Co110	50-59	52	M	3222421	0.00	0.00	0.02	0.14	0.84	>60	FAUX
HTH 2048	50-59	52	F	3322321	0.00	0.00	0.05	0.12	0.83	>50	VRAI
PAM5H	50-59	52	M	3312222	0.00	0.08	0.23	0.32	0.37	>40	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	3322222	0.00	0.02	0.14	0.31	0.53	>50	VRAI
APP6H	50-59	55	M	3322211	0.01	0.17	0.33	0.19	0.29	ind	ind
SPI2829	50-59	56	F	3322322	0.00	0.00	0.03	0.14	0.83	>60	FAUX
SPI2829	50-59	56	F	3322422	0.00	0.00	0.01	0.11	0.89	>60	FAUX
HTH 2649	50-59	57	M	3312211	0.03	0.45	0.30	0.11	0.11	30-59	VRAI

Tableau AV.9 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co460	50-59	57	F	3211211	0.14	0.64	0.17	0.04	0.02	30-49	FAUX
SPI2467	50-59	57	F	3311312	0.00	0.07	0.30	0.21	0.42	>40	VRAI
BEX 17H	50-59	58	M	3322222	0.00	0.02	0.14	0.31	0.53	>50	VRAI
Co174	50-59	58	F	3312221	0.01	0.17	0.30	0.22	0.30	>40	VRAI
Co452	50-59	59	M	3212422	0.00	0.01	0.02	0.21	0.76	>50	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	3222322	0.00	0.00	0.04	0.20	0.76	>50	VRAI
Co31	>60	62	M	3212321	0.00	0.03	0.13	0.21	0.63	>50	VRAI
Co7	>60	62	F	3312422	0.00	0.00	0.02	0.15	0.83	>60	VRAI
Co19	>60	62	F	3312421	0.00	0.01	0.03	0.13	0.83	>60	VRAI
Co449	>60	62	F	3222421	0.00	0.00	0.02	0.14	0.84	>60	VRAI
ALC70	>60	63	M	3312312	0.00	0.03	0.15	0.20	0.62	>50	VRAI
SPI2372	>60	63	F	3312311	0.01	0.07	0.21	0.16	0.55	>40	VRAI
SPI2207	>60	63	M	3222322	0.00	0.00	0.04	0.20	0.76	>50	VRAI
ALC9	>60	63	F	3322422	0.00	0.00	0.01	0.11	0.89	>60	VRAI
Co482	>60	64	F	3312422	0.00	0.00	0.02	0.15	0.83	>60	VRAI
HTH 0363	>60	64	M	3312322	0.00	0.01	0.07	0.18	0.74	>50	VRAI
SPI2221	>60	64	M	3312422	0.00	0.00	0.02	0.15	0.83	>60	VRAI
Co442	>60	65	M	3212421	0.00	0.02	0.04	0.18	0.76	>50	VRAI
ALC113	>60	66	F	3312312	0.00	0.03	0.15	0.20	0.62	>50	VRAI
ALC113	>60	66	F	3312212	0.00	0.30	0.31	0.21	0.19	30-59	FAUX
ALC12	>60	66	M	3322322	0.00	0.00	0.03	0.14	0.83	>60	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	2311312	0.05	0.30	0.37	0.12	0.17	30-59	FAUX
SPI2371	>60	67	F	3312312	0.00	0.03	0.15	0.20	0.62	>50	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	2312322	0.00	0.04	0.16	0.20	0.59	>40	VRAI
SPI2243	>60	67	F	3322321	0.00	0.00	0.05	0.12	0.83	>60	VRAI
PAM8F	>60	68	F	3322422	0.00	0.00	0.01	0.11	0.89	>60	VRAI
ALC40	>60	68	F	3312312	0.00	0.03	0.15	0.20	0.62	>50	VRAI
APP7F	>60	68	F	3212322	0.00	0.01	0.08	0.25	0.66	>50	VRAI
ALC27	>60	68	F	3322422	0.00	0.00	0.01	0.11	0.89	>60	VRAI
SPI2099	>60	68	F	3322221	0.00	0.04	0.22	0.25	0.49	>40	VRAI
ECH15F	>60	69	F	3312321	0.00	0.01	0.11	0.16	0.73	>50	VRAI
HTH 1889	>60	69	F	3322411	0.00	0.01	0.03	0.12	0.84	>60	VRAI
HTH 0928	>60	69	F	3322321	0.00	0.00	0.05	0.12	0.83	>60	VRAI
Co290	>60	69	M	3322322	0.00	0.00	0.03	0.14	0.83	>60	VRAI
ECH15F	>60	69	F	3212321	0.00	0.03	0.13	0.21	0.63	>50	VRAI
Co433	>60	69	F	2212411	0.00	0.54	0.10	0.11	0.25	ind	ind
ALC24	>60	70	M	3322411	0.00	0.01	0.03	0.12	0.84	>60	VRAI
HTH 1171	>60	71	F	3322422	0.00	0.00	0.01	0.11	0.89	>60	VRAI
ALC64	>60	72	F	3312422	0.00	0.00	0.02	0.15	0.83	>60	VRAI
Co296	>60	73	F	2312422	0.00	0.03	0.05	0.18	0.74	>50	VRAI
PAM6H	>60	73	M	3322322	0.00	0.00	0.03	0.14	0.83	>60	VRAI
SPI2335	>60	75	F	3312311	0.01	0.07	0.21	0.16	0.55	>40	VRAI
HTH 1552	>60	76	M	3322422	0.00	0.00	0.01	0.11	0.89	>60	VRAI
ALC61	>60	76	M	3322312	0.00	0.01	0.08	0.17	0.75	>50	VRAI
ALC62	>60	78	M	3322422	0.00	0.00	0.01	0.11	0.89	>60	VRAI
HTH 2642	>60	78	M	3322222	0.00	0.02	0.14	0.31	0.53	>50	VRAI
VAL 1H	>60	85	M	3322422	0.00	0.00	0.01	0.11	0.89	>60	VRAI
SPI2152	>60	86	F	3322421	0.00	0.00	0.01	0.09	0.89	>60	VRAI
ALC90	>60	87	F	3322321	0.00	0.00	0.05	0.12	0.83	>60	VRAI
ALC16	>60	88	F	3322312	0.00	0.01	0.08	0.17	0.75	>50	VRAI
SPI2464	>60	92	M	3322312	0.00	0.01	0.08	0.17	0.75	>50	VRAI

Tableau AV.10 : distribution des probabilités a posteriori des spécimens de l'échantillon test selon le mode 2

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	exactitude
Co124	20-29	20	M	1112111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
Co138	20-29	21	M	1112111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 2838	20-29	22	F	2112111	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0862	20-29	23	M	2111111	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2799	20-29	25	M	3322122	0.01	0.06	0.50	0.44	0.00	40-59	FAUX
HTH 1272	20-29	26	M	2222211	0.26	0.60	0.08	0.02	0.04	20-39	VRAI
Co473	20-29	26	M	2211211	0.41	0.57	0.02	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 0675	20-29	27	F	3322211	0.02	0.22	0.41	0.16	0.19	ind	ind
HTH 0675	20-29	27	F	3312222	0.00	0.08	0.34	0.37	0.21	>40	FAUX
HTH 0681	20-29	28	F	2212311	0.36	0.32	0.11	0.05	0.16	20-49	VRAI
Co128	20-29	28	M	3211111	0.70	0.27	0.03	0.00	0.00	20-39	VRAI
Co144	20-29	29	F	3312111	0.47	0.37	0.14	0.02	0.00	20-49	VRAI
HTH 0644	20-29	29	F	1111111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2667	30-39	30	F	3221212	0.01	0.34	0.44	0.17	0.05	30-59	VRAI
Co182	30-39	30	F	3212222	0.00	0.16	0.27	0.38	0.19	30-59	VRAI
SPI2185	30-39	33	M	3321112	0.11	0.26	0.55	0.09	0.00	30-49	VRAI
SPI2185	30-39	33	M	3311112	0.17	0.48	0.32	0.04	0.00	20-49	VRAI
HTH 1447	30-39	34	M	3312221	0.02	0.21	0.39	0.24	0.15	30-59	VRAI
HTH 1051	30-39	34	M	3322221	0.01	0.06	0.38	0.33	0.22	>40	FAUX
ALC23	30-39	34	M	3312212	0.00	0.29	0.36	0.18	0.17	30-59	VRAI
ECH12H	30-39	36	M	3312211	0.04	0.51	0.29	0.08	0.09	30-49	VRAI
HTH 2923	30-39	37	F	3312211	0.04	0.51	0.29	0.08	0.09	30-49	VRAI
HTH 1150	30-39	38	M	3322212	0.00	0.09	0.37	0.26	0.28	>40	FAUX
Co298	30-39	38	F	2312421	0.00	0.09	0.12	0.25	0.54	>40	FAUX
HTH 0339	30-39	38	F	2322211	0.21	0.52	0.17	0.03	0.08	20-49	VRAI
Co298	30-39	38	F	2312411	0.00	0.31	0.13	0.12	0.45	ind	ind
Co28	40-49	41	M	3312211	0.04	0.51	0.29	0.08	0.09	30-49	VRAI
SPI2956	40-49	43	F	3212312	0.00	0.05	0.20	0.31	0.44	>40	VRAI
Co203	40-49	43	M	3212211	0.06	0.68	0.16	0.06	0.05	30-49	VRAI
HTH 3190	40-49	43	M	3312321	0.00	0.01	0.24	0.38	0.37	>40	VRAI
Co406	40-49	43	F	3211312	0.01	0.13	0.44	0.30	0.13	>40	VRAI
Co317	40-49	43	F	3312321	0.00	0.01	0.24	0.38	0.37	>40	VRAI
Co406	40-49	43	F	3212322	0.00	0.01	0.13	0.48	0.38	>50	FAUX
SPI2613	40-49	46	M	2222212	0.04	0.58	0.17	0.07	0.14	30-59	VRAI
HTH 3581	40-49	46	F	3312111	0.47	0.37	0.14	0.02	0.00	20-39	FAUX
Co175	40-49	46	F	3322412	0.00	0.00	0.07	0.33	0.60	>50	FAUX
HTH 3107	40-49	47	F	2322221	0.11	0.28	0.30	0.13	0.18	ind	ind
SPI2661	40-49	47	M	3212222	0.00	0.16	0.27	0.38	0.19	ind	ind
HTH 0255	40-49	48	M	3321211	0.06	0.33	0.50	0.08	0.03	30-49	VRAI
Co116	50-59	50	M	3212222	0.00	0.16	0.27	0.38	0.19	30-59	VRAI
HTH 0516	50-59	51	F	3322212	0.00	0.09	0.37	0.26	0.28	>40	VRAI
Co110	50-59	52	M	3222421	0.00	0.01	0.06	0.47	0.47	>50	VRAI
HTH 2048	50-59	52	F	3322321	0.00	0.00	0.18	0.40	0.42	>50	VRAI
PAM5H	50-59	52	M	3312222	0.00	0.08	0.34	0.37	0.21	>40	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	3322222	0.00	0.02	0.28	0.43	0.26	>40	VRAI
APP6H	50-59	55	M	3322211	0.02	0.22	0.41	0.16	0.19	ind	ind
SPI2829	50-59	56	F	3322322	0.00	0.00	0.12	0.45	0.44	>50	VRAI
SPI2829	50-59	56	F	3322422	0.00	0.00	0.04	0.47	0.49	>50	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	3312211	0.04	0.51	0.29	0.08	0.09	30-49	FAUX
Co460	50-59	57	F	3211211	0.11	0.72	0.13	0.02	0.01	30-49	FAUX

Tableau AV.10 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	exactitude
SPI2467	50-59	57	F	3311312	0.00	0.06	0.52	0.28	0.14	40-59	VRAI
BEX 17H	50-59	58	M	3322222	0.00	0.02	0.28	0.43	0.26	>40	VRAI
Co174	50-59	58	F	3312221	0.02	0.21	0.39	0.24	0.15	ind	
Co452	50-59	59	M	3212422	0.00	0.01	0.05	0.51	0.43	>50	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	3222322	0.00	0.00	0.10	0.48	0.42	>50	VRAI
Co31	>60	62	M	3212321	0.01	0.03	0.20	0.41	0.35	>40	VRAI
Co7	>60	62	F	3312422	0.00	0.00	0.06	0.47	0.46	>50	VRAI
Co19	>60	62	F	3312421	0.00	0.01	0.10	0.43	0.46	>50	VRAI
Co449	>60	62	F	3222421	0.00	0.01	0.06	0.47	0.47	>50	VRAI
ALC70	>60	63	M	3312312	0.00	0.02	0.23	0.29	0.46	>40	VRAI
SPI2372	>60	63	F	3312311	0.01	0.06	0.32	0.22	0.38	>40	VRAI
SPI2207	>60	63	M	3222322	0.00	0.00	0.10	0.48	0.42	>50	VRAI
ALC9	>60	63	F	3322422	0.00	0.00	0.04	0.47	0.49	>50	VRAI
Co482	>60	64	F	3312422	0.00	0.00	0.06	0.47	0.46	>50	VRAI
HTH 0363	>60	64	M	3312322	0.00	0.00	0.16	0.44	0.40	>50	VRAI
SPI2221	>60	64	M	3312422	0.00	0.00	0.06	0.47	0.46	>50	VRAI
Co442	>60	65	M	3212421	0.00	0.03	0.08	0.46	0.43	>50	VRAI
ALC113	>60	66	F	3312312	0.00	0.02	0.23	0.29	0.46	>40	VRAI
ALC113	>60	66	F	3312212	0.00	0.29	0.36	0.18	0.17	30-59	FAUX
ALC12	>60	66	M	3322322	0.00	0.00	0.12	0.45	0.44	>50	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	2311312	0.08	0.28	0.43	0.11	0.11	30-59	FAUX
SPI2371	>60	67	F	3312312	0.00	0.02	0.23	0.29	0.46	>40	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	2312322	0.00	0.03	0.20	0.27	0.50	>40	VRAI
SPI2243	>60	67	F	3322321	0.00	0.00	0.18	0.40	0.42	>50	VRAI
PAM8F	>60	68	F	3322422	0.00	0.00	0.04	0.47	0.49	>50	VRAI
ALC40	>60	68	F	3312312	0.00	0.02	0.23	0.29	0.46	>40	VRAI
APP7F	>60	68	F	3212322	0.00	0.01	0.13	0.48	0.38	>50	VRAI
ALC27	>60	68	F	3322422	0.00	0.00	0.04	0.47	0.49	>50	VRAI
SPI2099	>60	68	F	3322221	0.01	0.06	0.38	0.33	0.22	>40	VRAI
ECH15F	>60	69	F	3312321	0.00	0.01	0.24	0.38	0.37	>40	VRAI
HTH 1889	>60	69	F	3322411	0.00	0.02	0.11	0.29	0.59	>50	VRAI
HTH 0928	>60	69	F	3322321	0.00	0.00	0.18	0.40	0.42	>50	VRAI
Co290	>60	69	M	3322322	0.00	0.00	0.12	0.45	0.44	>50	VRAI
ECH15F	>60	69	F	3212321	0.01	0.03	0.20	0.41	0.35	>40	VRAI
Co433	>60	69	F	2212411	0.00	0.50	0.08	0.10	0.33	ind	ind
ALC24	>60	70	M	3322411	0.00	0.02	0.11	0.29	0.59	>50	VRAI
HTH 1171	>60	71	F	3322422	0.00	0.00	0.04	0.47	0.49	>50	VRAI
ALC64	>60	72	F	3312422	0.00	0.00	0.06	0.47	0.46	>50	VRAI
Co296	>60	73	F	2312422	0.00	0.03	0.08	0.30	0.60	>50	VRAI
PAM6H	>60	73	M	3322322	0.00	0.00	0.12	0.45	0.44	>50	VRAI
SPI2335	>60	75	F	3312311	0.01	0.06	0.32	0.22	0.38	>40	VRAI
HTH 1552	>60	76	M	3322422	0.00	0.00	0.04	0.47	0.49	>50	VRAI
ALC61	>60	76	M	3322312	0.00	0.01	0.18	0.30	0.52	>50	VRAI
ALC62	>60	78	M	3322422	0.00	0.00	0.04	0.47	0.49	>50	VRAI
HTH 2642	>60	78	M	3322222	0.00	0.02	0.28	0.43	0.26	>40	VRAI
VAL 1H	>60	85	M	3322422	0.00	0.00	0.04	0.47	0.49	>50	VRAI
SPI2152	>60	86	F	3322421	0.00	0.00	0.07	0.43	0.49	>50	VRAI
ALC90	>60	87	F	3322321	0.00	0.00	0.18	0.40	0.42	>50	VRAI
ALC16	>60	88	F	3322312	0.00	0.01	0.18	0.30	0.52	>50	VRAI
SPI2464	>60	92	M	3322312	0.00	0.01	0.18	0.30	0.52	>50	VRAI

4 SSPI-Ti+SPU : surface sacro-pelvienne iliaque sans tubérosité iliaque, combinée à la symphyse pubienne

Tableau AV.11 : distribution des probabilités a posteriori des spécimens de l'échantillon test selon le mode 1

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co124	20-29	20	M	111211	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
Co138	20-29	21	M	111211	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 2838	20-29	22	F	211211	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0862	20-29	23	M	211111	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2799	20-29	25	M	332212	0.08	0.14	0.46	0.32	0.00	30-59	FAUX
HTH 1272	20-29	26	M	222221	0.17	0.53	0.18	0.07	0.05	20-49	VRAI
Co473	20-29	26	M	221121	0.40	0.54	0.05	0.01	0.00	20-39	VRAI
HTH 0675	20-29	27	F	332221	0.01	0.13	0.30	0.24	0.33	>40	FAUX
HTH 0675	20-29	27	F	331222	0.00	0.13	0.26	0.27	0.34	ind	ind
HTH 0681	20-29	28	F	221231	0.13	0.38	0.21	0.11	0.17	ind	ind
Co128	20-29	28	M	321111	0.62	0.32	0.05	0.01	0.00	20-39	VRAI
Co144	20-29	29	F	331211	0.29	0.47	0.20	0.04	0.00	20-49	VRAI
HTH 0644	20-29	29	F	111111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2667	30-39	30	F	322121	0.06	0.36	0.34	0.16	0.09	30-59	VRAI
Co182	30-39	30	F	321222	0.01	0.24	0.24	0.28	0.23	ind	ind
SPI2185	30-39	33	M	332111	0.46	0.24	0.26	0.05	0.00	20-49	VRAI
SPI2185	30-39	33	M	331111	0.55	0.32	0.12	0.01	0.00	20-39	VRAI
HTH 1447	30-39	34	M	331222	0.00	0.13	0.26	0.27	0.34	>40	FAUX
HTH 1051	30-39	34	M	332222	0.00	0.03	0.17	0.28	0.51	>40	FAUX
ALC23	30-39	34	M	331221	0.02	0.38	0.30	0.16	0.15	30-59	VRAI
ECH12H	30-39	36	M	331221	0.02	0.38	0.30	0.16	0.15	30-59	VRAI
HTH 2923	30-39	37	F	331221	0.02	0.38	0.30	0.16	0.15	30-59	VRAI
HTH 1150	30-39	38	M	332221	0.01	0.13	0.30	0.24	0.33	ind	ind
Co298	30-39	38	F	231242	0.00	0.05	0.06	0.17	0.72	>50	FAUX
HTH 0339	30-39	38	F	232221	0.11	0.40	0.28	0.11	0.10	ind	ind
Co298	30-39	38	F	231241	0.00	0.24	0.11	0.16	0.50	ind	ind
Co28	40-49	41	M	331221	0.02	0.38	0.30	0.16	0.15	30-59	VRAI
SPI2956	40-49	43	F	321231	0.01	0.11	0.19	0.22	0.47	>40	FAUX
Co203	40-49	43	M	321221	0.03	0.56	0.21	0.13	0.07	30-59	VRAI
HTH 3190	40-49	43	M	331232	0.00	0.01	0.08	0.17	0.74	>50	FAUX
Co406	40-49	43	F	321131	0.04	0.21	0.31	0.19	0.26	ind	ind
Co317	40-49	43	F	331232	0.00	0.01	0.08	0.17	0.74	>50	FAUX
Co406	40-49	43	F	321232	0.00	0.02	0.10	0.24	0.64	>50	FAUX
SPI2613	40-49	46	M	222221	0.17	0.53	0.18	0.07	0.05	20-49	VRAI
HTH 3581	40-49	46	F	331211	0.29	0.47	0.20	0.04	0.00	20-49	VRAI
Co175	40-49	46	F	332241	0.00	0.01	0.03	0.13	0.84	>60	FAUX
HTH 3107	40-49	47	F	232222	0.03	0.16	0.30	0.22	0.29	>40	FAUX
SPI2661	40-49	47	M	321222	0.01	0.24	0.24	0.28	0.23	ind	ind
HTH 0255	40-49	48	M	332121	0.03	0.21	0.42	0.18	0.16	30-59	VRAI
Co116	50-59	50	M	321222	0.01	0.24	0.24	0.28	0.23	ind	ind
HTH 0516	50-59	51	F	332221	0.01	0.13	0.30	0.24	0.33	>40	VRAI
Co110	50-59	52	M	322242	0.00	0.00	0.01	0.15	0.84	>60	FAUX
HTH 2048	50-59	52	F	332232	0.00	0.00	0.04	0.13	0.83	>60	FAUX
PAM5H	50-59	52	M	331222	0.00	0.13	0.26	0.27	0.34	>40	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	332222	0.00	0.03	0.17	0.28	0.51	>50	VRAI
APP6H	50-59	55	M	332221	0.01	0.13	0.30	0.24	0.33	>40	VRAI
SPI2829	50-59	56	F	332232	0.00	0.00	0.04	0.13	0.83	>60	FAUX
SPI2829	50-59	56	F	332242	0.00	0.00	0.01	0.10	0.89	>60	FAUX
HTH 2649	50-59	57	M	331221	0.02	0.38	0.30	0.16	0.15	30-59	VRAI
Co460	50-59	57	F	321121	0.09	0.63	0.20	0.06	0.02	30-49	FAUX
SPI2467	50-59	57	F	331131	0.02	0.11	0.33	0.18	0.38	>40	VRAI
BEX 17H	50-59	58	M	332222	0.00	0.03	0.17	0.28	0.51	>40	VRAI

Tableau AV.11 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co174	50-59	58	F	331222	0.00	0.13	0.26	0.27	0.34	>40	VRAI
Co452	50-59	59	M	321242	0.00	0.01	0.03	0.20	0.76	>50	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	322232	0.00	0.00	0.05	0.19	0.76	>50	VRAI
Co31	>60	62	M	321232	0.00	0.02	0.10	0.24	0.64	>50	VRAI
Co7	>60	62	F	331242	0.00	0.01	0.02	0.14	0.83	>60	VRAI
Co19	>60	62	F	331242	0.00	0.01	0.02	0.14	0.83	>60	VRAI
Co449	>60	62	F	322242	0.00	0.00	0.01	0.15	0.84	>60	VRAI
ALC70	>60	63	M	331231	0.00	0.05	0.18	0.18	0.59	>40	VRAI
SPI2372	>60	63	F	331231	0.00	0.05	0.18	0.18	0.59	>40	VRAI
SPI2207	>60	63	M	322232	0.00	0.00	0.05	0.19	0.76	>50	VRAI
ALC9	>60	63	F	332242	0.00	0.00	0.01	0.10	0.89	>60	VRAI
Co482	>60	64	F	331242	0.00	0.01	0.02	0.14	0.83	>60	VRAI
HTH 0363	>60	64	M	331232	0.00	0.01	0.08	0.17	0.74	>50	VRAI
SPI2221	>60	64	M	331242	0.00	0.01	0.02	0.14	0.83	>60	VRAI
Co442	>60	65	M	321242	0.00	0.01	0.03	0.20	0.76	>50	VRAI
ALC113	>60	66	F	331231	0.00	0.05	0.18	0.18	0.59	>40	VRAI
ALC113	>60	66	F	331221	0.02	0.38	0.30	0.16	0.15	30-59	FAUX
ALC12	>60	66	M	332232	0.00	0.00	0.04	0.13	0.83	>60	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	231131	0.24	0.30	0.28	0.07	0.11	20-49	FAUX
SPI2371	>60	67	F	331231	0.00	0.05	0.18	0.18	0.59	>40	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	231232	0.02	0.06	0.19	0.18	0.55	>40	VRAI
SPI2243	>60	67	F	332232	0.00	0.00	0.04	0.13	0.83	>60	VRAI
PAM8F	>60	68	F	332242	0.00	0.00	0.01	0.10	0.89	>60	VRAI
ALC40	>60	68	F	331231	0.00	0.05	0.18	0.18	0.59	>40	VRAI
APP7F	>60	68	F	321232	0.00	0.02	0.10	0.24	0.64	>50	VRAI
ALC27	>60	68	F	332242	0.00	0.00	0.01	0.10	0.89	>60	VRAI
SPI2099	>60	68	F	332222	0.00	0.03	0.17	0.28	0.51	>40	VRAI
ECH15F	>60	69	F	331232	0.00	0.01	0.08	0.17	0.74	>50	VRAI
HTH 1889	>60	69	F	332241	0.00	0.01	0.03	0.13	0.84	>60	VRAI
HTH 0928	>60	69	F	332232	0.00	0.00	0.04	0.13	0.83	>60	VRAI
Co290	>60	69	M	332232	0.00	0.00	0.04	0.13	0.83	>60	VRAI
ECH15F	>60	69	F	321232	0.00	0.02	0.10	0.24	0.64	>50	VRAI
Co433	>60	69	F	221241	0.00	0.44	0.09	0.15	0.32	ind	ind
ALC24	>60	70	M	332241	0.00	0.01	0.03	0.13	0.84	>60	VRAI
HTH 1171	>60	71	F	332242	0.00	0.00	0.01	0.10	0.89	>60	VRAI
ALC64	>60	72	F	331242	0.00	0.01	0.02	0.14	0.83	>60	VRAI
Co296	>60	73	F	231242	0.00	0.05	0.06	0.17	0.72	>50	VRAI
PAM6H	>60	73	M	332232	0.00	0.00	0.04	0.13	0.83	>60	VRAI
SPI2335	>60	75	F	331231	0.00	0.05	0.18	0.18	0.59	>40	VRAI
HTH 1552	>60	76	M	332242	0.00	0.00	0.01	0.10	0.89	>60	VRAI
ALC61	>60	76	M	332231	0.00	0.01	0.10	0.15	0.74	>50	VRAI
ALC62	>60	78	M	332242	0.00	0.00	0.01	0.10	0.89	>60	VRAI
HTH 2642	>60	78	M	332222	0.00	0.03	0.17	0.28	0.51	>40	VRAI
VAL 1H	>60	85	M	332242	0.00	0.00	0.01	0.10	0.89	>60	VRAI
SPI2152	>60	86	F	332242	0.00	0.00	0.01	0.10	0.89	>60	VRAI
ALC90	>60	87	F	332232	0.00	0.00	0.04	0.13	0.83	>60	VRAI
ALC16	>60	88	F	332231	0.00	0.01	0.10	0.15	0.74	>50	VRAI
SPI2464	>60	92	M	332231	0.00	0.01	0.10	0.15	0.74	>50	VRAI

Tableau AV. 12: distribution des probabilités a posteriori de l'échantillon test selon le mode 2

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co124	20-29	20	M	111211	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
Co138	20-29	21	M	111211	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 2838	20-29	22	F	211211	0.98	0.02	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0862	20-29	23	M	211111	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2799	20-29	25	M	332212	0.10	0.09	0.48	0.33	0.00	40-59	FAUX
HTH 1272	20-29	26	M	222221	0.20	0.59	0.11	0.03	0.07	20-49	VRAI
Co473	20-29	26	M	221121	0.33	0.63	0.03	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 0675	20-29	27	F	332221	0.01	0.16	0.39	0.21	0.23	ind	ind
HTH 0675	20-29	27	F	331222	0.01	0.14	0.36	0.31	0.18	30-59	FAUX
HTH 0681	20-29	28	F	221231	0.24	0.29	0.14	0.08	0.25	ind	ind
Co128	20-29	28	M	321111	0.62	0.32	0.05	0.01	0.00	20-39	VRAI
Co144	20-29	29	F	331211	0.37	0.39	0.20	0.04	0.00	20-49	VRAI
HTH 0644	20-29	29	F	111111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2667	30-39	30	F	322121	0.06	0.45	0.36	0.11	0.03	30-49	VRAI
Co182	30-39	30	F	321222	0.02	0.27	0.27	0.30	0.15	30-59	VRAI
SPI2185	30-39	33	M	332111	0.45	0.22	0.29	0.04	0.00	20-49	VRAI
SPI2185	30-39	33	M	331111	0.55	0.31	0.13	0.01	0.00	20-39	VRAI
HTH 1447	30-39	34	M	331222	0.01	0.14	0.36	0.31	0.18	30-59	VRAI
HTH 1051	30-39	34	M	332222	0.00	0.04	0.33	0.39	0.24	>40	FAUX
ALC23	30-39	34	M	331221	0.02	0.41	0.32	0.12	0.12	30-59	VRAI
ECH12H	30-39	36	M	331221	0.02	0.41	0.32	0.12	0.12	30-59	VRAI
HTH 2923	30-39	37	F	331221	0.02	0.41	0.32	0.12	0.12	30-59	VRAI
HTH 1150	30-39	38	M	332221	0.01	0.16	0.39	0.21	0.23	>40	FAUX
Co298	30-39	38	F	231242	0.00	0.05	0.10	0.27	0.57	>50	FAUX
HTH 0339	30-39	38	F	232221	0.14	0.47	0.21	0.05	0.12	20-49	VRAI
Co298	30-39	38	F	231241	0.00	0.21	0.12	0.14	0.53	ind	ind
Co28	40-49	41	M	331221	0.02	0.41	0.32	0.12	0.12	30-59	VRAI
SPI2956	40-49	43	F	321231	0.02	0.08	0.22	0.28	0.40	>40	VRAI
Co203	40-49	43	M	321221	0.04	0.60	0.19	0.09	0.08	30-59	VRAI
HTH 3190	40-49	43	M	331232	0.00	0.01	0.19	0.41	0.38	>40	VRAI
Co406	40-49	43	F	321131	0.07	0.20	0.42	0.22	0.10	30-59	VRAI
Co317	40-49	43	F	331232	0.00	0.01	0.19	0.41	0.38	>40	VRAI
Co406	40-49	43	F	321232	0.00	0.02	0.16	0.45	0.37	>40	VRAI
SPI2613	40-49	46	M	222221	0.20	0.59	0.11	0.03	0.07	20-49	VRAI
HTH 3581	40-49	46	F	331211	0.37	0.39	0.20	0.04	0.00	20-49	VRAI
Co175	40-49	46	F	332241	0.00	0.01	0.09	0.31	0.60	>50	FAUX
HTH 3107	40-49	47	F	232222	0.06	0.21	0.31	0.18	0.23	ind	ind
SPI2661	40-49	47	M	321222	0.02	0.27	0.27	0.30	0.15	30-59	VRAI
HTH 0255	40-49	48	M	332121	0.03	0.27	0.54	0.12	0.04	30-49	VRAI
Co116	50-59	50	M	321222	0.02	0.27	0.27	0.30	0.15	30-59	VRAI
HTH 0516	50-59	51	F	332221	0.01	0.16	0.39	0.21	0.23	ind	ind
Co110	50-59	52	M	322242	0.00	0.00	0.05	0.49	0.47	>50	VRAI
HTH 2048	50-59	52	F	332232	0.00	0.00	0.14	0.43	0.43	>50	VRAI
PAM5H	50-59	52	M	331222	0.01	0.14	0.36	0.31	0.18	30-59	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	332222	0.00	0.04	0.33	0.39	0.24	>40	VRAI
APP6H	50-59	55	M	332221	0.01	0.16	0.39	0.21	0.23	>40	VRAI
SPI2829	50-59	56	F	332232	0.00	0.00	0.14	0.43	0.43	>50	VRAI
SPI2829	50-59	56	F	332242	0.00	0.00	0.06	0.45	0.49	>50	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	331221	0.02	0.41	0.32	0.12	0.12	30-59	VRAI
Co460	50-59	57	F	321121	0.08	0.70	0.17	0.04	0.01	30-49	FAUX
SPI2467	50-59	57	F	331131	0.03	0.10	0.54	0.22	0.11	30-59	VRAI
BEX 17H	50-59	58	M	332222	0.00	0.04	0.33	0.39	0.24	>40	VRAI

Tableau AV.12 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co174	50-59	58	F	331222	0.01	0.14	0.36	0.31	0.18	30-59	VRAI
Co452	50-59	59	M	321242	0.00	0.02	0.06	0.49	0.43	>50	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	322232	0.00	0.00	0.12	0.46	0.41	>50	VRAI
Co31	>60	62	M	321232	0.00	0.02	0.16	0.45	0.37	>40	VRAI
Co7	>60	62	F	331242	0.00	0.01	0.08	0.46	0.46	>50	VRAI
Co19	>60	62	F	331242	0.00	0.01	0.08	0.46	0.46	>50	VRAI
Co449	>60	62	F	322242	0.00	0.00	0.05	0.49	0.47	>50	VRAI
ALC70	>60	63	M	331231	0.01	0.04	0.27	0.26	0.42	>40	VRAI
SPI2372	>60	63	F	331231	0.01	0.04	0.27	0.26	0.42	>40	VRAI
SPI2207	>60	63	M	322232	0.00	0.00	0.12	0.46	0.41	>50	VRAI
ALC9	>60	63	F	332242	0.00	0.00	0.06	0.45	0.49	>50	VRAI
Co482	>60	64	F	331242	0.00	0.01	0.08	0.46	0.46	>50	VRAI
HTH 0363	>60	64	M	331232	0.00	0.01	0.19	0.41	0.38	>50	VRAI
SPI2221	>60	64	M	331242	0.00	0.01	0.08	0.46	0.46	>50	VRAI
Co442	>60	65	M	321242	0.00	0.02	0.06	0.49	0.43	>50	VRAI
ALC113	>60	66	F	331231	0.01	0.04	0.27	0.26	0.42	>40	VRAI
ALC113	>60	66	F	331221	0.02	0.41	0.32	0.12	0.12	30-59	FAUX
ALC12	>60	66	M	332232	0.00	0.00	0.14	0.43	0.43	>50	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	231131	0.37	0.27	0.26	0.05	0.05	20-49	FAUX
SPI2371	>60	67	F	331231	0.01	0.04	0.27	0.26	0.42	>40	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	231232	0.04	0.06	0.22	0.23	0.45	>40	VRAI
SPI2243	>60	67	F	332232	0.00	0.00	0.14	0.43	0.43	>50	VRAI
PAM8F	>60	68	F	332242	0.00	0.00	0.06	0.45	0.49	>50	VRAI
ALC40	>60	68	F	331231	0.01	0.04	0.27	0.26	0.42	>40	VRAI
APP7F	>60	68	F	321232	0.00	0.02	0.16	0.45	0.37	>40	VRAI
ALC27	>60	68	F	332242	0.00	0.00	0.06	0.45	0.49	>50	VRAI
SPI2099	>60	68	F	332222	0.00	0.04	0.33	0.39	0.24	>40	VRAI
ECH15F	>60	69	F	331232	0.00	0.01	0.19	0.41	0.38	>40	VRAI
HTH 1889	>60	69	F	332241	0.00	0.01	0.09	0.31	0.60	>50	VRAI
HTH 0928	>60	69	F	332232	0.00	0.00	0.14	0.43	0.43	>50	VRAI
Co290	>60	69	M	332232	0.00	0.00	0.14	0.43	0.43	>50	VRAI
ECH15F	>60	69	F	321232	0.00	0.02	0.16	0.45	0.37	>50	VRAI
Co433	>60	69	F	221241	0.00	0.37	0.08	0.13	0.42	ind	ind
ALC24	>60	70	M	332241	0.00	0.01	0.09	0.31	0.60	>50	VRAI
HTH 1171	>60	71	F	332242	0.00	0.00	0.06	0.45	0.49	>50	VRAI
ALC64	>60	72	F	331242	0.00	0.01	0.08	0.46	0.46	>50	VRAI
Co296	>60	73	F	231242	0.00	0.05	0.10	0.27	0.57	>50	VRAI
PAM6H	>60	73	M	332232	0.00	0.00	0.14	0.43	0.43	>50	VRAI
SPI2335	>60	75	F	331231	0.01	0.04	0.27	0.26	0.42	>40	VRAI
HTH 1552	>60	76	M	332242	0.00	0.00	0.06	0.45	0.49	>50	VRAI
ALC61	>60	76	M	332231	0.00	0.01	0.21	0.28	0.50	>40	VRAI
ALC62	>60	78	M	332242	0.00	0.00	0.06	0.45	0.49	>50	VRAI
HTH 2642	>60	78	M	332222	0.00	0.04	0.33	0.39	0.24	>40	VRAI
VAL 1H	>60	85	M	332242	0.00	0.00	0.06	0.45	0.49	>50	VRAI
SPI2152	>60	86	F	332242	0.00	0.00	0.06	0.45	0.49	>50	VRAI
ALC90	>60	87	F	332232	0.00	0.00	0.14	0.43	0.43	>50	VRAI
ALC16	>60	88	F	332231	0.00	0.01	0.21	0.28	0.50	>40	VRAI
SPI2464	>60	92	M	332231	0.00	0.01	0.21	0.28	0.50	>40	VRAI

5 CO⁴ : Extrémité sternale de la quatrième côte

Tableau AV.13 : : matrice de contingence par classes d'âge et par score de l'échantillon de référence de CO⁴, selon une distribution par âge conforme à une espérance de vie à la naissance de 30 ans ($e_0=30$)

CO4A	classe d'âge	CO4A1	CO4A2	CO4A3	CO4A4	
	20-29	2	13	1	7	23
	30-39	0	2	6	15	23
	40-49	0	3	11	11	25
	50-59	0	1	6	22	29
	>60	0	3	16	59	78
CO4B	classe d'âge	CO4B1	CO4B2	CO4B3		
	20-29	20	3	0		23
	30-39	15	6	2		23
	40-49	8	11	6		25
	50-59	2	19	8		29
	>60	8	24	46		78
CO4C	classe d'âge	CO7C1	CO7C2	CO7C3		
	20-29	5	17	1		23
	30-39	1	17	5		23
	40-49	1	17	7		25
	50-59	0	10	19		29
	>60	3	31	44		78

Tableau AV.14 : matrice de contingence par classes d'âge et par score de l'échantillon de référence de CO⁴, selon une distribution uniforme

CO4A	classe d'âge	CO4A1	CO4A2	CO4A3	CO4A4	
	20-29	9	25	7	9	50
	30-39	0	5	18	27	50
	40-49	0	5	20	25	50
	50-59	0	1	15	34	50
	>60	0	2	11	37	50
CO4B	classe d'âge	CO4B1	CO4B2	CO4B3		
	20-29	44	6	0		50
	30-39	28	17	5		50
	40-49	15	24	11		50
	50-59	6	28	16		50
	>60	4	20	26		50
CO4C	classe d'âge	CO4C1	CO4C2	CO4C3		
	20-29	10	38	2		50
	30-39	3	31	16		50
	40-49	2	30	18		50
	50-59	0	22	28		50
	>60	1	19	30		50

Tableau AV. 15 : distribution des probabilités a posteriori des spécimens de l'échantillon test selon le mode 1

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co498	20-29	20	M	412	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	VRAI
F181	20-29	20	M	212	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	VRAI
F175	20-29	20	M	112	0.83	0.10	0.06	0.00	0.01	20-29	VRAI
HTH 1205	20-29	21	M	211	0.83	0.10	0.06	0.00	0.01	20-29	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	212	0.96	0.02	0.02	0.00	0.00	20-29	VRAI
FI80	20-29	22	M	212	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	VRAI
Co299	20-29	22	M	211	0.83	0.10	0.06	0.00	0.01	20-29	VRAI
HTH 0630	20-29	22	M	412	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	VRAI
F303	20-29	22	M	212	0.83	0.10	0.06	0.00	0.01	20-29	VRAI
F180	20-29	22	M	212	0.96	0.02	0.02	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2381	20-29	22	M	212	0.83	0.10	0.06	0.00	0.01	20-29	VRAI
F217	20-29	22	M	211	0.40	0.12	0.29	0.07	0.12	20-49	VRAI
F214	20-29	23	M	212	0.83	0.10	0.06	0.00	0.01	20-29	VRAI
HTH 1769	20-29	24	M	412	0.83	0.10	0.06	0.00	0.01	20-29	VRAI
F309	20-29	24	M	111	0.10	0.43	0.36	0.02	0.10	20-49	VRAI
SPI2720	20-29	25	M	312	0.83	0.10	0.06	0.00	0.01	20-29	VRAI
F138	20-29	25	M	423	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	VRAI
F73	20-29	26	M	412	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0490	20-29	26	M	412	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	FAUX
F139	20-29	26	M	212	0.96	0.02	0.02	0.00	0.00	20-29	VRAI
F261	20-29	27	M	222	0.96	0.02	0.02	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0658	20-29	28	M	211	0.04	0.15	0.17	0.26	0.38	>40	FAUX
F204	20-29	29	M	422	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
M30Co14D	30-39	30	M	212	0.83	0.10	0.06	0.00	0.01	20-29	FAUX
F91	30-39	30	M	413	0.03	0.27	0.13	0.13	0.44	ind	ind
F107	30-39	30	M	312	0.10	0.43	0.36	0.02	0.10	20-49	VRAI
HTH 2069	30-39	31	M	312	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	VRAI
F225	30-39	31	M	211	0.10	0.43	0.36	0.02	0.10	20-49	VRAI
F197	30-39	32	M	312	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	FAUX
HTH 1447	30-39	34	M	422	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	VRAI
F252	30-39	34	M	422	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	VRAI
F188	30-39	34	M	423	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	VRAI
F326	30-39	35	M	412	0.00	0.05	0.10	0.11	0.74	>50	FAUX
F144	30-39	35	M	412	0.04	0.15	0.17	0.26	0.38	>40	FAUX
SPI2714	30-39	35	M	412	0.96	0.02	0.02	0.00	0.00	20-29	FAUX
F311	30-39	35	M	423	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	FAUX
HTH 0307	30-39	36	M	412	0.04	0.15	0.17	0.26	0.38	>40	FAUX
F319	30-39	36	M	423	0.10	0.43	0.36	0.02	0.10	20-49	VRAI
F279	30-39	37	M	433	0.04	0.15	0.17	0.26	0.38	>40	FAUX
F151	30-39	37	M	412	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	FAUX
HTH 0385	30-39	37	M	432	0.10	0.43	0.36	0.02	0.10	20-49	VRAI
HTH 0812	30-39	37	M	422	0.10	0.43	0.36	0.02	0.10	20-49	VRAI
F120	30-39	37	M	312	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	VRAI
F59	30-39	38	M	412	0.10	0.43	0.36	0.02	0.10	20-49	VRAI
ALC85	30-39	39	M	312	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	FAUX
SPI2542	30-39	39	M	312	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	VRAI
Co263	40-49	40	M	422	0.04	0.15	0.17	0.26	0.38	>40	VRAI
SPI2173	40-49	40	M	312	0.04	0.15	0.17	0.26	0.38	>40	VRAI
SPI2173	40-49	40	M	412	0.06	0.14	0.40	0.00	0.40	>40	VRAI
F250	40-49	40	M	433	0.01	0.15	0.42	0.17	0.25	>40	VRAI
F83	40-49	41	M	322	0.00	0.09	0.35	0.07	0.50	>40	VRAI

Tableau AV.15 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
F305	40-49	42	M	222	0.10	0.43	0.36	0.02	0.10	20-49	VRAI
F179	40-49	42	M	423	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	FAUX
HTH 1338	40-49	42	M	423	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	VRAI
HTH 0462	40-49	42	M	212	0.10	0.43	0.36	0.02	0.10	20-49	VRAI
Co120	40-49	43	M	312	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	VRAI
HTH 3190	40-49	43	M	412	0.00	0.05	0.19	0.37	0.39	>40	VRAI
HTH 2890	40-49	43	M	412	0.00	0.05	0.10	0.11	0.74	>50	FAUX
F290	40-49	44	M	422	0.40	0.12	0.29	0.07	0.12	20-49	VRAI
F263	40-49	44	M	232	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	FAUX
F290	40-49	44	M	323	0.00	0.05	0.19	0.37	0.39	>40	VRAI
SPI2556	40-49	44	M	332	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	FAUX
HTH 2546	40-49	46	M	423	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	FAUX
HTH 3397	40-49	46	M	312	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	VRAI
F177	40-49	47	M	323	0.00	0.06	0.28	0.09	0.58	>40	VRAI
SPI2661	40-49	47	M	332	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	FAUX
F196	40-49	47	M	312	0.00	0.06	0.28	0.09	0.58	>40	VRAI
HTH 1513	40-49	48	M	322	0.83	0.10	0.06	0.00	0.01	20-29	FAUX
F230	40-49	49	M	321	0.01	0.15	0.42	0.17	0.25	>40	VRAI
Co18	40-49	49	M	432	0.10	0.43	0.36	0.02	0.10	20-49	VRAI
Co37	40-49	49	M	433	0.10	0.43	0.36	0.02	0.10	20-49	VRAI
Co116	50-59	50	M	433	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	FAUX
F87	50-59	50	M	422	0.00	0.05	0.10	0.11	0.74	>50	VRAI
F52	50-59	50	M	413	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	VRAI
F92	50-59	50	M	312	0.04	0.15	0.17	0.26	0.38	>40	VRAI
F202	50-59	50	M	423	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>60	FAUX
F201	50-59	50	M	423	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>60	FAUX
F52	50-59	50	M	323	0.00	0.05	0.10	0.11	0.74	>50	VRAI
F223	50-59	51	M	423	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	VRAI
HTH 2870	50-59	52	M	322	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	FAUX
ALC26	50-59	52	M	422	0.00	0.05	0.19	0.37	0.39	>40	VRAI
F103	50-59	52	M	232	0.03	0.27	0.13	0.13	0.44	ind	ind
HTH 0197	50-59	53	M	423	0.10	0.43	0.36	0.02	0.10	20-49	FAUX
ALC104	50-59	53	M	432	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	FAUX
F41	50-59	53	M	423	0.01	0.15	0.42	0.17	0.25	>40	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	423	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	VRAI
Co463	50-59	54	M	432	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	VRAI
F94	50-59	54	M	433	0.04	0.15	0.17	0.26	0.38	>40	VRAI
SPI2024	50-59	54	M	323	0.01	0.15	0.42	0.17	0.25	>40	VRAI
SPI2622	50-59	55	M	322	0.00	0.09	0.35	0.07	0.50	>40	VRAI
HTH 2336	50-59	56	M	423	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	VRAI
HTH 2755	50-59	56	M	433	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	FAUX
F208	50-59	56	M	423	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	VRAI
SPI2424	50-59	56	M	433	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	VRAI
SPI2910	50-59	57	M	433	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	FAUX
HTH 0430	50-59	57	M	423	0.04	0.15	0.17	0.26	0.38	>40	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	422	0.00	0.05	0.19	0.37	0.39	>40	VRAI
Co150	50-59	57	M	422	0.00	0.05	0.19	0.37	0.39	>40	VRAI
HTH 2001	50-59	58	M	323	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	423	0.04	0.15	0.17	0.26	0.38	>40	VRAI

Tableau AV.15 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co103	>60	60	M	433	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
F55	>60	60	M	432	0.04	0.15	0.17	0.26	0.38	>40	VRAI
SPI2808	>60	60	M	431	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	VRAI
F55	>60	60	M	433	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	423	0.00	0.05	0.10	0.11	0.74	>50	VRAI
HTH 2762	>60	61	M	323	0.00	0.05	0.10	0.11	0.74	>50	VRAI
HTH 2762	>60	61	M	222	0.04	0.15	0.17	0.26	0.38	>40	VRAI
SPI2363	>60	61	M	433	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	VRAI
F205	>60	61	M	433	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	VRAI
F90	>60	62	M	433	0.00	0.06	0.28	0.09	0.58	>40	VRAI
Co455	>60	63	M	423	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
SPI2419	>60	63	M	323	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
SPI2207	>60	63	M	432	0.00	0.05	0.10	0.11	0.74	>50	VRAI
ALC70	>60	63	M	423	0.00	0.05	0.10	0.11	0.74	>50	VRAI
SPI2632	>60	63	M	433	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	VRAI
SPI2643	>60	63	M	432	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	VRAI
Co336	>60	63	M	433	0.00	0.05	0.19	0.37	0.39	>40	VRAI
HTH 0912	>60	63	M	412	0.00	0.05	0.10	0.11	0.74	>50	VRAI
2419	>60	63	M	332	0.00	0.02	0.10	0.15	0.73	>50	VRAI
F298	>60	64	M	433	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
ALC57	>60	64	M	433	0.01	0.28	0.32	0.09	0.30	ind	ind
F157	>60	64	M	313	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	VRAI
Co109	>60	64	M	432	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
F296	>60	64	M	433	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
HTH 1487	>60	64	M	412	0.00	0.05	0.19	0.37	0.39	>40	VRAI
Co442	>60	65	M	423	0.04	0.15	0.17	0.26	0.38	>40	VRAI
Co442	>60	65	M	432	0.01	0.15	0.42	0.17	0.25	>40	VRAI
SPI2753	>60	66	M	432	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	VRAI
SPI2753	>60	66	M	332	0.06	0.14	0.40	0.00	0.40	>40	VRAI
HTH 3119	>60	66	M	433	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
ALC12	>60	66	M	432	0.01	0.28	0.32	0.09	0.30	ind	ind
HTH 3119	>60	66	M	422	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
SPI2678	>60	67	M	321	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
SPI2678	>60	67	M	412	0.00	0.05	0.10	0.11	0.74	>50	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	422	0.40	0.12	0.29	0.07	0.12	20-49	FAUX
HTH 2877	>60	68	M	313	0.00	0.05	0.10	0.11	0.74	>50	VRAI
F159	>60	68	M	212	0.83	0.10	0.06	0.00	0.01	20-29	FAUX
Co108	>60	68	M	423	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	VRAI
HTH 2877	>60	68	M	322	0.00	0.02	0.10	0.15	0.73	>50	VRAI
HTH 2163	>60	68	M	323	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	VRAI
F162	>60	69	M	433	0.01	0.15	0.42	0.17	0.25	>40	VRAI
SPI2917	>60	69	M	333	0.00	0.05	0.19	0.37	0.39	>40	VRAI
ALC99	>60	70	M	432	0.00	0.05	0.10	0.11	0.74	>50	VRAI
ALC99	>60	70	M	333	0.00	0.05	0.10	0.11	0.74	>50	VRAI
SPI2182	>60	70	M	433	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
Co391	>60	71	M	422	0.00	0.04	0.06	0.43	0.47	>50	VRAI
HTH 2071	>60	71	M	422	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
SPI2818	>60	71	M	333	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	FAUX
Co391	>60	71	M	432	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
SPI2610	>60	71	M	333	0.00	0.05	0.10	0.11	0.74	>50	VRAI

Tableau AV.15 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2610	>60	71	M	323	0.00	0.02	0.10	0.15	0.73	>50	VRAI
HTH 2662	>60	72	M	433	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
HTH 2662	>60	72	M	423	0.04	0.15	0.17	0.26	0.38	>40	VRAI
HTH 1030	>60	72	M	412	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
ALC25	>60	74	M	412	0.00	0.05	0.10	0.11	0.74	>50	VRAI
ALC44	>60	75	M	422	0.00	0.07	0.28	0.00	0.65	>40	VRAI
SPI2913	>60	75	M	423	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
ALC44	>60	75	M	432	0.00	0.05	0.10	0.11	0.74	>50	VRAI
ALC61	>60	76	M	433	0.00	0.04	0.07	0.00	0.89	>60	VRAI
SPI2898	>60	77	M	433	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	FAUX
ALC10	>60	78	M	433	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
ALC96	>60	78	M	432	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
ALC98	>60	79	M	332	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	FAUX
SPI2679	>60	80	M	422	0.00	0.06	0.28	0.09	0.58	>40	VRAI
HTH 2769	>60	81	M	433	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
HTH 2769	>60	81	M	423	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
HTH 2314	>60	82	M	433	0.00	0.05	0.19	0.37	0.39	>40	VRAI
ALC8	>60	83	M	432	0.04	0.15	0.17	0.26	0.38	>40	VRAI
HTH 2326	>60	83	M	322	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
HTH 1732	>60	84	M	423	0.00	0.02	0.10	0.15	0.73	>50	VRAI
HTH 1195	>60	84	M	433	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	FAUX
HTH 1195	>60	84	M	423	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
HTH 2049	>60	85	M	433	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
ALC110	>60	86	M	433	0.26	0.43	0.14	0.03	0.14	20-49	FAUX
HTH 1340	>60	88	M	433	0.00	0.06	0.28	0.09	0.58	>40	VRAI
SPI2063	>60	92	M	231	0.00	0.01	0.03	0.16	0.80	>60	VRAI
Co448	>60	96	M	432	0.04	0.15	0.17	0.26	0.38	>40	VRAI
Co448	>60	96	M	433	0.00	0.05	0.10	0.11	0.74	>50	VRAI

Tableau AV.16 : distribution des probabilités a posteriori des spécimens de l'échantillon test selon le mode 2

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co498	20-29	20	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	VRAI
F181	20-29	20	M	212	0.86	0.09	0.05	0.00	0.00	20-29	VRAI
F175	20-29	20	M	112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 1205	20-29	21	M	211	0.95	0.04	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	212	0.86	0.09	0.05	0.00	0.00	20-29	VRAI
FI80	20-29	22	M	212	0.86	0.09	0.05	0.00	0.00	20-29	VRAI
Co299	20-29	22	M	211	0.95	0.04	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0630	20-29	22	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	VRAI
F303	20-29	22	M	212	0.86	0.09	0.05	0.00	0.00	20-29	VRAI
F180	20-29	22	M	212	0.86	0.09	0.05	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2381	20-29	22	M	212	0.86	0.09	0.05	0.00	0.00	20-29	VRAI
F217	20-29	22	M	211	0.95	0.04	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
F214	20-29	23	M	212	0.86	0.09	0.05	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 1769	20-29	24	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	VRAI
F309	20-29	24	M	111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2720	20-29	25	M	312	0.30	0.40	0.23	0.05	0.02	20-49	VRAI
F138	20-29	25	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	FAUX
F73	20-29	26	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	VRAI
HTH 0490	20-29	26	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	VRAI
F139	20-29	26	M	212	0.86	0.09	0.05	0.00	0.00	20-29	VRAI
F261	20-29	27	M	222	0.43	0.20	0.27	0.05	0.06	20-49	VRAI
HTH 0658	20-29	28	M	211	0.95	0.04	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
F204	20-29	29	M	422	0.03	0.21	0.26	0.30	0.20	30-59	FAUX
M30Co14D	30-39	30	M	212	0.86	0.09	0.05	0.00	0.00	20-29	FAUX
F91	30-39	30	M	413	0.03	0.41	0.23	0.19	0.15	30-59	VRAI
F107	30-39	30	M	312	0.30	0.40	0.23	0.05	0.02	20-49	VRAI
HTH 2069	30-39	31	M	312	0.30	0.40	0.23	0.05	0.02	20-49	VRAI
F225	30-39	31	M	211	0.95	0.04	0.01	0.00	0.00	20-29	FAUX
F197	30-39	32	M	312	0.30	0.40	0.23	0.05	0.02	20-49	VRAI
HTH 1447	30-39	34	M	422	0.03	0.21	0.26	0.30	0.20	30-59	VRAI
F252	30-39	34	M	422	0.03	0.21	0.26	0.30	0.20	30-59	VRAI
F188	30-39	34	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	FAUX
F326	30-39	35	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	VRAI
F144	30-39	35	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	VRAI
SPI2714	30-39	35	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	VRAI
F311	30-39	35	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	FAUX
HTH 0307	30-39	36	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	VRAI
F319	30-39	36	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	FAUX
F279	30-39	37	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	FAUX
F151	30-39	37	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	VRAI
HTH 0385	30-39	37	M	432	0.00	0.10	0.19	0.28	0.43	>40	FAUX
HTH 0812	30-39	37	M	422	0.03	0.21	0.26	0.30	0.20	30-59	VRAI
F120	30-39	37	M	312	0.30	0.40	0.23	0.05	0.02	20-49	VRAI
F59	30-39	38	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	VRAI
ALC85	30-39	39	M	312	0.30	0.40	0.23	0.05	0.02	20-49	VRAI
SPI2542	30-39	39	M	312	0.30	0.40	0.23	0.05	0.02	20-49	VRAI
Co263	40-49	40	M	422	0.03	0.21	0.26	0.30	0.20	30-59	VRAI
SPI2173	40-49	40	M	312	0.30	0.40	0.23	0.05	0.02	20-49	VRAI
SPI2173	40-49	40	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	VRAI
F250	40-49	40	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	FAUX
F83	40-49	41	M	322	0.04	0.24	0.37	0.24	0.11	30-59	VRAI

Tableau AV.16 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
F305	40-49	42	M	222	0.43	0.20	0.27	0.05	0.06	20-49	VRAI
F179	40-49	42	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
HTH 1338	40-49	42	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
HTH 0462	40-49	42	M	212	0.86	0.09	0.05	0.00	0.00	20-29	FAUX
Co120	40-49	43	M	312	0.30	0.40	0.23	0.05	0.02	20-49	VRAI
HTH 3190	40-49	43	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	VRAI
HTH 2890	40-49	43	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	VRAI
F290	40-49	44	M	422	0.03	0.21	0.26	0.30	0.20	30-59	VRAI
F263	40-49	44	M	232	0.00	0.21	0.44	0.09	0.26	ind	ind
F290	40-49	44	M	323	0.00	0.15	0.27	0.37	0.21	>40	VRAI
SPI2556	40-49	44	M	332	0.00	0.14	0.33	0.26	0.27	>40	VRAI
HTH 2546	40-49	46	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
HTH 3397	40-49	46	M	312	0.30	0.40	0.23	0.05	0.02	20-49	VRAI
F177	40-49	47	M	323	0.00	0.15	0.27	0.37	0.21	>40	VRAI
SPI2661	40-49	47	M	332	0.00	0.14	0.33	0.26	0.27	>40	VRAI
F196	40-49	47	M	312	0.30	0.40	0.23	0.05	0.02	20-49	VRAI
HTH 1513	40-49	48	M	322	0.04	0.24	0.37	0.24	0.11	ind	ind
F230	40-49	49	M	321	0.17	0.36	0.38	0.00	0.09	20-49	VRAI
Co18	40-49	49	M	432	0.00	0.10	0.19	0.28	0.43	>40	VRAI
Co37	40-49	49	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	FAUX
Co116	50-59	50	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
F87	50-59	50	M	422	0.03	0.21	0.26	0.30	0.20	ind	ind
F52	50-59	50	M	413	0.03	0.41	0.23	0.19	0.15	30-59	VRAI
F92	50-59	50	M	312	0.30	0.40	0.23	0.05	0.02	20-49	FAUX
F202	50-59	50	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
F201	50-59	50	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
F52	50-59	50	M	323	0.00	0.15	0.27	0.37	0.21	>40	VRAI
F223	50-59	51	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
HTH 2870	50-59	52	M	322	0.04	0.24	0.37	0.24	0.11	30-59	VRAI
ALC26	50-59	52	M	422	0.03	0.21	0.26	0.30	0.20	ind	ind
F103	50-59	52	M	232	0.00	0.21	0.44	0.09	0.26	ind	ind
HTH 0197	50-59	53	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
ALC104	50-59	53	M	432	0.00	0.10	0.19	0.28	0.43	>40	VRAI
F41	50-59	53	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
Co463	50-59	54	M	432	0.00	0.10	0.19	0.28	0.43	>40	VRAI
F94	50-59	54	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
SPI2024	50-59	54	M	323	0.00	0.15	0.27	0.37	0.21	>40	VRAI
SPI2622	50-59	55	M	322	0.04	0.24	0.37	0.24	0.11	30-59	VRAI
HTH 2336	50-59	56	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
HTH 2755	50-59	56	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
F208	50-59	56	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
SPI2424	50-59	56	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
SPI2910	50-59	57	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
HTH 0430	50-59	57	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	422	0.03	0.21	0.26	0.30	0.20	ind	ind
Co150	50-59	57	M	422	0.03	0.21	0.26	0.30	0.20	ind	ind
HTH 2001	50-59	58	M	323	0.00	0.15	0.27	0.37	0.21	>40	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
Co103	>60	60	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
F55	>60	60	M	432	0.00	0.10	0.19	0.28	0.43	>40	VRAI

Tableau AV.16 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2808	>60	60	M	431	0.00	0.21	0.29	0.00	0.50	ind	ind
F55	>60	60	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
HTH 2762	>60	61	M	323	0.00	0.15	0.27	0.37	0.21	>40	VRAI
HTH 2762	>60	61	M	222	0.43	0.20	0.27	0.05	0.06	20-49	FAUX
SPI2363	>60	61	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
F205	>60	61	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
F90	>60	62	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
Co455	>60	63	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
SPI2419	>60	63	M	323	0.00	0.15	0.27	0.37	0.21	>40	VRAI
SPI2207	>60	63	M	432	0.00	0.10	0.19	0.28	0.43	>40	VRAI
ALC70	>60	63	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
SPI2632	>60	63	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
SPI2643	>60	63	M	432	0.00	0.10	0.19	0.28	0.43	>40	VRAI
Co336	>60	63	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
HTH 0912	>60	63	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	FAUX
2419	>60	63	M	332	0.00	0.14	0.33	0.26	0.27	>40	VRAI
F298	>60	64	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
ALC57	>60	64	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
F157	>60	64	M	313	0.03	0.45	0.30	0.14	0.07	30-59	FAUX
Co109	>60	64	M	432	0.00	0.10	0.19	0.28	0.43	>40	VRAI
F296	>60	64	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
HTH 1487	>60	64	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	FAUX
Co442	>60	65	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
Co442	>60	65	M	432	0.00	0.10	0.19	0.28	0.43	>40	VRAI
SPI2753	>60	66	M	432	0.00	0.10	0.19	0.28	0.43	>40	VRAI
SPI2753	>60	66	M	332	0.00	0.14	0.33	0.26	0.27	>40	VRAI
HTH 3119	>60	66	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
ALC12	>60	66	M	432	0.00	0.10	0.19	0.28	0.43	>40	VRAI
HTH 3119	>60	66	M	422	0.03	0.21	0.26	0.30	0.20	ind	ind
SPI2678	>60	67	M	321	0.17	0.36	0.38	0.00	0.09	20-49	FAUX
SPI2678	>60	67	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	FAUX
HTH 1545	>60	67	M	422	0.03	0.21	0.26	0.30	0.20	ind	ind
HTH 2877	>60	68	M	313	0.03	0.45	0.30	0.14	0.07	30-59	FAUX
F159	>60	68	M	212	0.86	0.09	0.05	0.00	0.00	20-29	FAUX
Co108	>60	68	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
HTH 2877	>60	68	M	322	0.04	0.24	0.37	0.24	0.11	30-59	FAUX
HTH 2163	>60	68	M	323	0.00	0.15	0.27	0.37	0.21	>40	VRAI
F162	>60	69	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
SPI2917	>60	69	M	333	0.00	0.07	0.19	0.33	0.42	>40	VRAI
ALC99	>60	70	M	432	0.00	0.10	0.19	0.28	0.43	>40	VRAI
ALC99	>60	70	M	333	0.00	0.07	0.19	0.33	0.42	>40	VRAI
SPI2182	>60	70	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
Co391	>60	71	M	422	0.03	0.21	0.26	0.30	0.20	ind	ind
HTH 2071	>60	71	M	422	0.03	0.21	0.26	0.30	0.20	ind	ind
SPI2818	>60	71	M	333	0.00	0.07	0.19	0.33	0.42	>40	VRAI
Co391	>60	71	M	432	0.00	0.10	0.19	0.28	0.43	>40	VRAI
SPI2610	>60	71	M	333	0.00	0.07	0.19	0.33	0.42	>40	VRAI
SPI2610	>60	71	M	323	0.00	0.15	0.27	0.37	0.21	>40	VRAI
HTH 2662	>60	72	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
HTH 2662	>60	72	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI

Tableau AV.16 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
HTH 1030	>60	72	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	FAUX
ALC25	>60	74	M	412	0.26	0.41	0.20	0.08	0.05	20-49	FAUX
ALC44	>60	75	M	422	0.03	0.21	0.26	0.30	0.20	ind	ind
SPI2913	>60	75	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
ALC44	>60	75	M	432	0.00	0.10	0.19	0.28	0.43	>40	VRAI
ALC61	>60	76	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
SPI2898	>60	77	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
ALC10	>60	78	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
ALC96	>60	78	M	432	0.00	0.10	0.19	0.28	0.43	>40	VRAI
ALC98	>60	79	M	332	0.00	0.14	0.33	0.26	0.27	>40	VRAI
SPI2679	>60	80	M	422	0.03	0.21	0.26	0.30	0.20	ind	ind
HTH 2769	>60	81	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
HTH 2769	>60	81	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
HTH 2314	>60	82	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
ALC8	>60	83	M	432	0.00	0.10	0.19	0.28	0.43	>40	VRAI
HTH 2326	>60	83	M	322	0.04	0.24	0.37	0.24	0.11	ind	ind
HTH 1732	>60	84	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>50	VRAI
HTH 1195	>60	84	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
HTH 1195	>60	84	M	423	0.00	0.11	0.16	0.40	0.33	>40	VRAI
HTH 2049	>60	85	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
ALC110	>60	86	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
HTH 1340	>60	88	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI
SPI2063	>60	92	M	231	0.00	0.32	0.46	0.00	0.22	ind	ind
Co448	>60	96	M	432	0.00	0.10	0.19	0.28	0.43	>40	VRAI
Co448	>60	96	M	433	0.00	0.04	0.10	0.30	0.56	>50	VRAI

6 CO⁴+SPU : extrémité sternale de la quatrième côte combinée à la symphyse pubienne

Tableau AV.17 : matrice de contingence par classes d'âge et par score de l'échantillon de référence de CO⁴+SPU, selon une distribution par âge conforme à une espérance de vie à la naissance de 30 ans ($e_0=30$)

SPUA	classe d'âge	SPUA1	SPUA2	SPUA3		
	20-29	4	11	2	17	
	30-39	0	6	12	18	
	40-49	0	6	13	19	
	50-59	1	3	18	22	
	>60	1	2	56	59	
SPUB	classe d'âge	SPUB1	SPUB2	SPUB3		
	20-29	12	2	3	17	
	30-39	1	9	8	18	
	40-49	1	9	9	19	
	50-59	1	8	13	22	
	>60	1	17	41	59	
SPUC	classe d'âge	SPUC1	SPUC2	SPUC3		
	20-29	15	2		17	
	30-39	14	4		18	
	40-49	15	4		19	
	50-59	13	9		22	
	>60	28	31		59	
CO4A	classe d'âge	CO4A1	CO4A2	CO4A3	CO4A4	
	20-29	6	5	2	4	17
	30-39	0	1	9	8	18
	40-49	0	2	8	9	19
	50-59	0	1	4	17	22
	>60	0	2	11	46	59
CO4B	classe d'âge	CO4B1	CO4B2	CO4B3		
	20-29	16	1	0		17
	30-39	11	6	1		18
	40-49	5	10	4		19
	50-59	5	9	8		22
	>60	9	20	30		59
CO4C	classe d'âge	CO4C1	CO4C2	CO4C3		
	20-29	3	13	1		17
	30-39	1	12	5		18
	40-49	0	13	6		19
	50-59	0	16	6		22
	>60	2	23	34		59

Tableau AV.18 : matrice de contingence par classes d'âge et par score de l'échantillon de référence de CO-PU, selon une distribution uniforme

SPUA	classe d'âge	SPUA	SPUA	SPUA		
	20-29	12	29	9	50	
	30-39	1	15	34	50	
	40-49	0	13	37	50	
	50-59	1	5	44	50	
	>60	1	2	47	50	
SPUB	classe d'âge	SPUB1	SPUB2	SPUB3		
	20-29	25	15	10	50	
	30-39	2	21	27	50	
	40-49	2	19	29	50	
	50-59	1	14	35	50	
	>60	1	15	34	50	
SPUC	classe d'âge	SPUC1	SPUC2	SPUC3		
	20-29	40	10		50	
	30-39	39	11		50	
	40-49	36	14		50	
	50-59	28	22		50	
	>60	22	28		50	
CO4A	classe d'âge	CO4A1	CO4A2	CO4A3	CO4A4	
	20-29	7	23	9	11	50
	30-39	0	6	21	23	50
	40-49	0	5	19	26	50
	50-59	0	1	14	35	50
	>60	0	2	11	37	50
CO4B	classe d'âge	CO4B1	CO4B2	CO4B3		
	20-29	47	3	0	50	
	30-39	29	17	4	50	
	40-49	16	22	12	50	
	50-59	9	22	19	50	
	>60	7	17	26	50	
CO4C	classe d'âge	CO4D1	CO4D2	CO4D3		
	20-29	7	42	1	50	
	30-39	2	34	14	50	
	40-49	2	31	17	50	
	50-59	0	27	23	50	
	>60	2	19	29	50	

Tableau AV.19 : distribution des probabilités a posteriori des spécimens de l'échantillon test selon le mode 1

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co498	20-29	19	M	111412	0.99	0.00	0.00	0.01	0.00	20-29	VRAI
F181	20-29	19	M	111112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
F180	20-29	22	M	211212	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	211212	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
F180	20-29	22	M	211112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
F214	20-29	23	M	211212	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
F272	20-29	24	M	111112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
F309	20-29	24	M	111111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 1769	20-29	24	M	221412	0.21	0.47	0.21	0.09	0.01	20-49	VRAI
SPI2799	20-29	25	M	332312	0.01	0.34	0.14	0.19	0.32	ind	ind
F73	20-29	26	M	211412	0.94	0.04	0.02	0.01	0.00	20-29	VRAI
F165	20-29	26	M	331423	0.00	0.04	0.10	0.14	0.72	>50	FAUX
F155	20-29	26	M	221111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
F155	20-29	26	M	211111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
F97	20-29	26	M	211212	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
F139	20-29	26	M	211212	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0288	20-29	29	M	232312	0.09	0.56	0.21	0.10	0.04	20-49	VRAI
Co14	30-39	30	M	321212	0.15	0.37	0.32	0.10	0.05	20-49	VRAI
F107	30-39	30	M	211312	0.89	0.08	0.03	0.00	0.00	20-29	FAUX
F231	30-39	30	M	221321	0.06	0.92	0.00	0.00	0.02	30-39	VRAI
F229	30-39	30	M	321322	0.00	0.31	0.45	0.13	0.11	30-59	VRAI
HTH 2069	30-39	31	M	222312	0.06	0.64	0.22	0.06	0.02	30-49	VRAI
HTH 1051	30-39	34	M	332422	0.00	0.03	0.06	0.29	0.61	>50	FAUX
F340	30-39	34	M	331322	0.00	0.23	0.37	0.17	0.23	ind	ind
SPI2254	30-39	34	M	331313	0.00	0.39	0.19	0.08	0.34	ind	ind
F150	30-39	35	M	321313	0.00	0.54	0.23	0.06	0.17	30-59	VRAI
F279	30-39	37	M	331433	0.00	0.01	0.03	0.10	0.87	>60	FAUX
F120	30-39	37	M	221312	0.13	0.62	0.22	0.03	0.00	20-49	VRAI
HTH 1880	30-39	38	M	331412	0.02	0.26	0.14	0.28	0.30	ind	ind
F242	30-39	38	M	321422	0.00	0.16	0.28	0.30	0.27	>40	FAUX
HTH 1880	30-39	38	M	331322	0.00	0.23	0.37	0.17	0.23	ind	ind
F54	30-39	38	M	222413	0.02	0.43	0.20	0.18	0.18	30-59	VRAI
F54	30-39	38	M	322413	0.00	0.12	0.06	0.15	0.68	>40	FAUX
ALC85	30-39	39	M	231412	0.28	0.37	0.19	0.13	0.03	20-49	VRAI
HTH 2474	30-39	39	M	331412	0.02	0.26	0.14	0.28	0.30	ind	ind
Co263	40-49	40	M	211422	0.45	0.16	0.26	0.12	0.01	20-49	VRAI
SPI2173	40-49	40	M	222412	0.10	0.45	0.19	0.21	0.05	30-59	VRAI
F83	40-49	41	M	231322	0.01	0.35	0.52	0.09	0.02	30-49	VRAI
Co28	40-49	41	M	331412	0.02	0.26	0.14	0.28	0.30	ind	ind
HTH 2291	40-49	42	M	332423	0.00	0.01	0.03	0.10	0.85	>60	FAUX
Co237	40-49	42	M	331312	0.02	0.52	0.23	0.12	0.13	30-59	VRAI
F179	40-49	42	M	331423	0.00	0.04	0.10	0.14	0.72	>50	FAUX
F305	40-49	42	M	221222	0.11	0.21	0.61	0.06	0.01	30-49	VRAI
HTH 2291	40-49	42	M	332423	0.00	0.01	0.03	0.10	0.85	>60	FAUX
F74	40-49	42	M	321322	0.00	0.31	0.45	0.13	0.11	30-59	VRAI
HTH 1172	40-49	43	M	332322	0.00	0.12	0.19	0.22	0.47	>40	VRAI
Co120	40-49	43	M	321312	0.01	0.62	0.24	0.08	0.06	30-49	VRAI
F317	40-49	44	M	221423	0.00	0.26	0.48	0.15	0.11	30-59	VRAI
F263	40-49	44	M	221232	0.00	0.10	0.70	0.16	0.04	30-49	VRAI
SPI2556	40-49	44	M	321332	0.00	0.10	0.35	0.22	0.33	>40	VRAI
HTH 3397	40-49	46	M	331312	0.02	0.52	0.23	0.12	0.13	30-59	VRAI
F280	40-49	47	M	331423	0.00	0.04	0.10	0.14	0.72	>50	FAUX

Tableau AV.19 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2661	40-49	47	M	321332	0.00	0.10	0.35	0.22	0.33	>40	VRAI
Co37	40-49	49	M	321433	0.00	0.01	0.07	0.13	0.79	>50	VRAI
F276	50-59	50	M	321433	0.00	0.01	0.07	0.13	0.79	>50	VRAI
F87	50-59	50	M	332422	0.00	0.03	0.06	0.29	0.61	>50	VRAI
HTH 2870	50-59	52	M	331322	0.00	0.23	0.37	0.17	0.23	ind	ind
ALC26	50-59	52	M	222422	0.01	0.22	0.34	0.34	0.10	30-59	VRAI
F103	50-59	52	M	321232	0.00	0.05	0.41	0.26	0.28	>40	VRAI
F41	50-59	53	M	321433	0.00	0.01	0.07	0.13	0.79	>50	VRAI
HTH 0197	50-59	53	M	332423	0.00	0.01	0.03	0.10	0.85	>60	FAUX
HTH 0197	50-59	53	M	332432	0.00	0.00	0.02	0.21	0.76	>50	VRAI
F119	50-59	53	M	322312	0.00	0.50	0.18	0.15	0.17	30-59	VRAI
Co463	50-59	54	M	311432	0.00	0.04	0.17	0.46	0.33	>40	VRAI
F94	50-59	54	M	321433	0.00	0.01	0.07	0.13	0.79	>50	VRAI
HTH 1531	50-59	54	M	331432	0.00	0.02	0.07	0.28	0.63	>50	VRAI
HTH 2336	50-59	56	M	332423	0.00	0.01	0.03	0.10	0.85	>60	FAUX
F247	50-59	56	M	332432	0.00	0.00	0.02	0.21	0.76	>60	FAUX
Co150	50-59	57	M	131422	0.05	0.00	0.00	0.66	0.28	>50	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	231422	0.02	0.22	0.42	0.26	0.07	30-59	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	331312	0.02	0.52	0.23	0.12	0.13	30-59	VRAI
HTH 2336	50-59	57	M	231422	0.02	0.22	0.42	0.26	0.07	30-59	VRAI
HTH 1019	50-59	58	M	332312	0.01	0.34	0.14	0.19	0.32	ind	ind
HTH 1019	50-59	58	M	321412	0.02	0.39	0.19	0.23	0.17	30-59	VRAI
HTH 2479	50-59	58	M	321412	0.02	0.39	0.19	0.23	0.17	30-59	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	332423	0.00	0.01	0.03	0.10	0.85	>60	FAUX
Co103	>60	60	M	331433	0.00	0.01	0.03	0.10	0.87	>60	VRAI
F55	>60	60	M	321433	0.00	0.01	0.07	0.13	0.79	>50	VRAI
F55	>60	60	M	331432	0.00	0.02	0.07	0.28	0.63	>60	VRAI
SPI2808	>60	60	M	331431	0.00	0.02	0.00	0.00	0.98	>60	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	322423	0.00	0.03	0.06	0.14	0.77	>50	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	322423	0.00	0.03	0.06	0.14	0.77	>50	VRAI
F205	>60	61	M	332433	0.00	0.00	0.01	0.07	0.93	>60	VRAI
SPI2363	>60	61	M	321433	0.00	0.01	0.07	0.13	0.79	>50	VRAI
F90	>60	62	M	322433	0.00	0.00	0.02	0.09	0.89	>60	VRAI
ALC70	>60	63	M	332423	0.00	0.01	0.03	0.10	0.85	>60	VRAI
ALC70	>60	63	M	331423	0.00	0.04	0.10	0.14	0.72	>50	VRAI
HTH 0912	>60	63	M	331412	0.02	0.26	0.14	0.28	0.30	ind	ind
HTH 1647	>60	63	M	331412	0.02	0.26	0.14	0.28	0.30	ind	ind
Co336	>60	63	M	332433	0.00	0.00	0.01	0.07	0.93	>60	VRAI
Co455	>60	63	M	331423	0.00	0.04	0.10	0.14	0.72	>50	VRAI
SPI2207	>60	63	M	321432	0.00	0.03	0.14	0.33	0.50	>50	VRAI
SPI2207	>60	63	M	322432	0.00	0.01	0.04	0.28	0.67	>50	VRAI
SPI2419	>60	63	M	331323	0.00	0.14	0.26	0.10	0.51	>40	VRAI
ALC57	>60	64	M	332433	0.00	0.00	0.01	0.07	0.93	>60	VRAI
Co109	>60	64	M	321432	0.00	0.03	0.14	0.33	0.50	>50	VRAI
F157	>60	64	M	322313	0.00	0.35	0.14	0.09	0.43	ind	ind
F296	>60	64	M	332433	0.00	0.00	0.01	0.07	0.93	>60	VRAI
F298	>60	64	M	332433	0.00	0.00	0.01	0.07	0.93	>60	VRAI
Co442	>60	65	M	331432	0.00	0.02	0.07	0.28	0.63	>50	VRAI
Co442	>60	65	M	321423	0.00	0.09	0.19	0.16	0.56	>40	VRAI
ALC12	>60	66	M	332432	0.00	0.00	0.02	0.21	0.76	>50	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	231422	0.02	0.22	0.42	0.26	0.07	30-59	FAUX
HTH 1545	>60	67	M	231422	0.02	0.22	0.42	0.26	0.07	30-59	FAUX

Tableau AV.19 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
HTH 2163	>60	68	M	331323	0.00	0.14	0.26	0.10	0.51	>40	VRAI
HTH 2877	>60	68	M	322322	0.00	0.21	0.28	0.21	0.30	ind	ind
HTH 2877	>60	68	M	322313	0.00	0.35	0.14	0.09	0.43	ind	ind
HTH 0207	>60	68	M	331323	0.00	0.14	0.26	0.10	0.51	>40	VRAI
HTH 0571	>60	68	M	322322	0.00	0.21	0.28	0.21	0.30	ind	ind
HTH 0571	>60	68	M	322313	0.00	0.35	0.14	0.09	0.43	ind	ind
Co108	>60	68	M	321423	0.00	0.09	0.19	0.16	0.56	>40	VRAI
F159	>60	68	M	111212	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	FAUX
F162	>60	69	M	332433	0.00	0.00	0.01	0.07	0.93	>60	VRAI
SPI2917	>60	69	M	332333	0.00	0.01	0.03	0.06	0.90	>60	VRAI
SPI2182	>60	70	M	332433	0.00	0.00	0.01	0.07	0.93	>60	VRAI
Co391	>60	71	M	321422	0.00	0.16	0.28	0.30	0.27	>40	VRAI
Co391	>60	71	M	331432	0.00	0.02	0.07	0.28	0.63	>50	VRAI
SPI2818	>60	71	M	332333	0.00	0.01	0.03	0.06	0.90	>60	VRAI
HTH 1030	>60	72	M	332412	0.00	0.12	0.06	0.30	0.52	>50	VRAI
HTH 1030	>60	72	M	332412	0.00	0.12	0.06	0.30	0.52	>50	VRAI
ALC25	>60	74	M	331412	0.02	0.26	0.14	0.28	0.30	ind	ind
ALC44	>60	75	M	332422	0.00	0.03	0.06	0.29	0.61	>50	VRAI
ALC44	>60	75	M	331432	0.00	0.02	0.07	0.28	0.63	>50	VRAI
SPI2913	>60	75	M	322423	0.00	0.03	0.06	0.14	0.77	>50	VRAI
ALC61	>60	76	M	332433	0.00	0.00	0.01	0.07	0.93	>60	VRAI
ALC96	>60	78	M	331432	0.00	0.02	0.07	0.28	0.63	>50	VRAI
SPI2538	>60	81	M	331323	0.00	0.14	0.26	0.10	0.51	>40	VRAI
HTH 2314	>60	82	M	332433	0.00	0.00	0.01	0.07	0.93	>60	VRAI
HTH 2314	>60	82	M	332433	0.00	0.00	0.01	0.07	0.93	>60	VRAI
ALC8	>60	83	M	332432	0.00	0.00	0.02	0.21	0.76	>50	VRAI
HTH 1732	>60	84	M	332423	0.00	0.01	0.03	0.10	0.85	>60	VRAI
HTH 1732	>60	84	M	332423	0.00	0.01	0.03	0.10	0.85	>60	VRAI
SPI2063	>60	92	M	332231	0.00	0.02	0.00	0.00	0.98	>60	VRAI
Co448	>60	96	M	331432	0.00	0.02	0.07	0.28	0.63	>50	VRAI
Co448	>60	96	M	331433	0.00	0.01	0.03	0.10	0.87	>60	VRAI

Tableau AV.20 : distribution des probabilités a posteriori des spécimens de l'échantillon test selon le mode 2

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co498	20-29	20	M	111412	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
F181	20-29	20	M	111112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
F180	20-29	22	M	211212	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	211212	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
F180	20-29	22	M	211112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
F214	20-29	23	M	211212	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
F272	20-29	24	M	111112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
F309	20-29	24	M	111111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 1769	20-29	24	M	221412	0.48	0.35	0.15	0.02	0.00	20-39	VRAI
SPI2799	20-29	25	M	332312	0.03	0.38	0.26	0.21	0.12	30-59	VRAI
F73	20-29	26	M	211412	0.94	0.04	0.02	0.00	0.00	20-29	VRAI
F165	20-29	26	M	331423	0.00	0.10	0.19	0.39	0.32	>40	FAUX
F155	20-29	26	M	221111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
F155	20-29	26	M	211111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
F97	20-29	26	M	211212	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
F139	20-29	26	M	211212	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0288	20-29	29	M	232312	0.25	0.44	0.24	0.06	0.01	20-49	VRAI
Co14	30-39	30	M	321212	0.51	0.34	0.13	0.01	0.01	20-39	VRAI
F107	30-39	30	M	211312	0.94	0.04	0.02	0.00	0.00	20-29	FAUX
F231	30-39	30	M	221321	0.17	0.45	0.38	0.00	0.01	20-49	VRAI
F229	30-39	30	M	321322	0.01	0.39	0.38	0.17	0.06	30-59	VRAI
HTH 2069	30-39	31	M	222312	0.41	0.38	0.17	0.03	0.01	20-49	VRAI
HTH 1051	30-39	34	M	332422	0.00	0.08	0.16	0.43	0.33	>40	FAUX
F340	30-39	34	M	331322	0.00	0.31	0.35	0.25	0.09	30-59	VRAI
SPI2254	30-39	34	M	331313	0.00	0.43	0.28	0.18	0.11	30-59	VRAI
F150	30-39	35	M	321313	0.01	0.52	0.29	0.11	0.08	30-49	VRAI
F279	30-39	37	M	331433	0.00	0.02	0.11	0.35	0.52	>50	FAUX
F120	30-39	37	M	221312	0.47	0.39	0.13	0.01	0.00	20-49	VRAI
HTH 1880	30-39	38	M	331412	0.04	0.42	0.26	0.19	0.09	30-59	VRAI
F242	30-39	38	M	321422	0.01	0.27	0.33	0.26	0.14	30-59	VRAI
HTH 1880	30-39	38	M	331322	0.00	0.31	0.35	0.25	0.09	30-59	VRAI
F54	30-39	38	M	222413	0.03	0.42	0.32	0.15	0.08	30-59	VRAI
F54	30-39	38	M	322413	0.00	0.19	0.18	0.25	0.38	>40	FAUX
ALC85	30-39	39	M	231412	0.30	0.43	0.21	0.05	0.01	20-49	VRAI
HTH 2474	30-39	39	M	331412	0.04	0.42	0.26	0.19	0.09	30-59	VRAI
Co263	40-49	40	M	211422	0.53	0.21	0.22	0.04	0.01	20-49	VRAI
SPI2173	40-49	40	M	222412	0.40	0.33	0.19	0.06	0.02	20-49	VRAI
F83	40-49	41	M	231322	0.03	0.45	0.41	0.10	0.01	30-49	VRAI
Co28	40-49	41	M	331412	0.04	0.42	0.26	0.19	0.09	30-59	VRAI
HTH 2291	40-49	42	M	332423	0.00	0.03	0.09	0.37	0.50	>50	FAUX
Co237	40-49	42	M	331312	0.05	0.54	0.27	0.11	0.04	30-49	VRAI
F179	40-49	42	M	331423	0.00	0.10	0.19	0.39	0.32	>40	VRAI
F305	40-49	42	M	221222	0.41	0.34	0.24	0.01	0.00	20-49	VRAI
HTH 2291	40-49	42	M	332423	0.00	0.03	0.09	0.37	0.50	>50	FAUX
F74	40-49	42	M	321322	0.01	0.39	0.38	0.17	0.06	30-59	VRAI
HTH 1172	40-49	43	M	332322	0.00	0.16	0.26	0.37	0.21	>40	VRAI
Co120	40-49	43	M	321312	0.10	0.58	0.24	0.06	0.02	30-49	VRAI
F317	40-49	44	M	221423	0.00	0.33	0.43	0.17	0.06	30-59	VRAI
F263	40-49	44	M	221232	0.00	0.36	0.59	0.04	0.02	30-49	VRAI
SPI2556	40-49	44	M	321332	0.00	0.17	0.38	0.27	0.18	30-59	VRAI
HTH 3397	40-49	46	M	331312	0.05	0.54	0.27	0.11	0.04	30-49	VRAI
F280	40-49	47	M	331423	0.00	0.10	0.19	0.39	0.32	>40	VRAI

Tableau AV.20 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2661	40-49	47	M	321332	0.00	0.17	0.38	0.27	0.18	>40	VRAI
Co37	40-49	49	M	321433	0.00	0.04	0.16	0.30	0.50	>50	FAUX
F276	50-59	50	M	321433	0.00	0.04	0.16	0.30	0.50	>50	VRAI
F87	50-59	50	M	332422	0.00	0.08	0.16	0.43	0.33	>40	VRAI
HTH 2870	50-59	52	M	331322	0.00	0.31	0.35	0.25	0.09	30-59	VRAI
ALC26	50-59	52	M	222422	0.04	0.30	0.39	0.21	0.06	30-59	VRAI
F103	50-59	52	M	321232	0.00	0.24	0.50	0.09	0.16	30-59	VRAI
F41	50-59	53	M	321433	0.00	0.04	0.16	0.30	0.50	>50	VRAI
HTH 0197	50-59	53	M	332423	0.00	0.03	0.09	0.37	0.50	>50	VRAI
HTH 0197	50-59	53	M	332432	0.00	0.02	0.09	0.38	0.51	>50	VRAI
F119	50-59	53	M	322312	0.07	0.46	0.26	0.13	0.08	ind	ind
Co463	50-59	54	M	311432	0.00	0.11	0.34	0.29	0.25	>40	VRAI
F94	50-59	54	M	321433	0.00	0.04	0.16	0.30	0.50	>50	VRAI
HTH 1531	50-59	54	M	331432	0.00	0.06	0.20	0.41	0.34	>40	VRAI
HTH 2336	50-59	56	M	332423	0.00	0.03	0.09	0.37	0.50	>50	VRAI
F247	50-59	56	M	332432	0.00	0.02	0.09	0.38	0.51	>50	VRAI
Co150	50-59	57	M	131422	0.13	0.28	0.00	0.41	0.18	ind	ind
HTH 2649	50-59	57	M	231422	0.03	0.36	0.41	0.17	0.03	30-59	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	331312	0.05	0.54	0.27	0.11	0.04	30-49	FAUX
HTH 2336	50-59	57	M	231422	0.03	0.36	0.41	0.17	0.03	30-59	VRAI
HTH 1019	50-59	58	M	332312	0.03	0.38	0.26	0.21	0.12	30-59	VRAI
HTH 1019	50-59	58	M	321412	0.09	0.49	0.25	0.11	0.06	30-59	VRAI
HTH 2479	50-59	58	M	321412	0.09	0.49	0.25	0.11	0.06	30-59	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	332423	0.00	0.03	0.09	0.37	0.50	>50	VRAI
Co103	>60	60	M	331433	0.00	0.02	0.11	0.35	0.52	>50	VRAI
F55	>60	60	M	321433	0.00	0.04	0.16	0.30	0.50	>50	VRAI
F55	>60	60	M	331432	0.00	0.06	0.20	0.41	0.34	>40	VRAI
SPI2808	>60	60	M	331431	0.00	0.07	0.25	0.00	0.69	>50	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	322423	0.00	0.06	0.13	0.33	0.49	>50	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	322423	0.00	0.06	0.13	0.33	0.49	>50	VRAI
F205	>60	61	M	332433	0.00	0.01	0.04	0.28	0.67	>50	VRAI
SPI2363	>60	61	M	321433	0.00	0.04	0.16	0.30	0.50	>50	VRAI
F90	>60	62	M	322433	0.00	0.01	0.06	0.25	0.67	>50	VRAI
ALC70	>60	63	M	332423	0.00	0.03	0.09	0.37	0.50	>50	VRAI
ALC70	>60	63	M	331423	0.00	0.10	0.19	0.39	0.32	>40	VRAI
HTH 0912	>60	63	M	331412	0.04	0.42	0.26	0.19	0.09	30-59	FAUX
HTH 1647	>60	63	M	331412	0.04	0.42	0.26	0.19	0.09	30-59	FAUX
Co336	>60	63	M	332433	0.00	0.01	0.04	0.28	0.67	>50	VRAI
Co455	>60	63	M	331423	0.00	0.10	0.19	0.39	0.32	>40	VRAI
SPI2207	>60	63	M	321432	0.00	0.09	0.27	0.34	0.31	>40	VRAI
SPI2207	>60	63	M	322432	0.00	0.03	0.13	0.34	0.50	>50	VRAI
SPI2419	>60	63	M	331323	0.00	0.19	0.29	0.32	0.20	>40	VRAI
ALC57	>60	64	M	332433	0.00	0.01	0.04	0.28	0.67	>50	VRAI
Co109	>60	64	M	321432	0.00	0.09	0.27	0.34	0.31	>40	VRAI
F157	>60	64	M	322313	0.00	0.33	0.25	0.20	0.22	ind	ind
F296	>60	64	M	332433	0.00	0.01	0.04	0.28	0.67	>50	VRAI
F298	>60	64	M	332433	0.00	0.01	0.04	0.28	0.67	>50	VRAI
Co442	>60	65	M	331432	0.00	0.06	0.20	0.41	0.34	>40	VRAI
Co442	>60	65	M	321423	0.00	0.15	0.25	0.31	0.29	>40	VRAI
ALC12	>60	66	M	332432	0.00	0.02	0.09	0.38	0.51	>50	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	231422	0.03	0.36	0.41	0.17	0.03	30-59	FAUX
HTH 1545	>60	67	M	231422	0.03	0.36	0.41	0.17	0.03	30-59	FAUX

Tableau AV.20 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
HTH 2163	>60	68	M	331323	0.00	0.19	0.29	0.32	0.20	>40	VRAI
HTH 2877	>60	68	M	322322	0.00	0.23	0.31	0.28	0.17	30-59	FAUX
HTH 2877	>60	68	M	322313	0.00	0.33	0.25	0.20	0.22	ind	ind
HTH 0207	>60	68	M	331323	0.00	0.19	0.29	0.32	0.20	>40	VRAI
HTH 0571	>60	68	M	322322	0.00	0.23	0.31	0.28	0.17	30-59	FAUX
HTH 0571	>60	68	M	322313	0.00	0.33	0.25	0.20	0.22	ind	ind
Co108	>60	68	M	321423	0.00	0.15	0.25	0.31	0.29	>40	VRAI
F159	>60	68	M	111212	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	FAUX
F162	>60	69	M	332433	0.00	0.01	0.04	0.28	0.67	>50	VRAI
SPI2917	>60	69	M	332333	0.00	0.02	0.09	0.32	0.57	>50	VRAI
SPI2182	>60	70	M	332433	0.00	0.01	0.04	0.28	0.67	>50	VRAI
Co391	>60	71	M	321422	0.01	0.27	0.33	0.26	0.14	30-59	FAUX
Co391	>60	71	M	331432	0.00	0.06	0.20	0.41	0.34	>40	VRAI
SPI2818	>60	71	M	332333	0.00	0.02	0.09	0.32	0.57	>50	VRAI
HTH 1030	>60	72	M	332412	0.02	0.24	0.20	0.30	0.23	ind	ind
HTH 1030	>60	72	M	332412	0.02	0.24	0.20	0.30	0.23	ind	ind
ALC25	>60	74	M	331412	0.04	0.42	0.26	0.19	0.09	30-59	FAUX
ALC44	>60	75	M	332422	0.00	0.08	0.16	0.43	0.33	>40	VRAI
ALC44	>60	75	M	331432	0.00	0.06	0.20	0.41	0.34	>40	VRAI
SPI2913	>60	75	M	322423	0.00	0.06	0.13	0.33	0.49	>50	VRAI
ALC61	>60	76	M	332433	0.00	0.01	0.04	0.28	0.67	>50	VRAI
ALC96	>60	78	M	331432	0.00	0.06	0.20	0.41	0.34	>40	VRAI
SPI2538	>60	81	M	331323	0.00	0.19	0.29	0.32	0.20	>40	VRAI
HTH 2314	>60	82	M	332433	0.00	0.01	0.04	0.28	0.67	>50	VRAI
HTH 2314	>60	82	M	332433	0.00	0.01	0.04	0.28	0.67	>50	VRAI
ALC8	>60	83	M	332432	0.00	0.02	0.09	0.38	0.51	>50	VRAI
HTH 1732	>60	84	M	332423	0.00	0.03	0.09	0.37	0.50	>50	VRAI
HTH 1732	>60	84	M	332423	0.00	0.03	0.09	0.37	0.50	>50	VRAI
SPI2063	>60	92	M	332231	0.00	0.07	0.26	0.00	0.67	>40	VRAI
Co448	>60	96	M	331432	0.00	0.06	0.20	0.41	0.34	>40	VRAI
Co448	>60	96	M	331433	0.00	0.02	0.11	0.35	0.52	>50	VRAI

7 SSPI+CO⁴ : surface sacro-pelvienne iliaque combinée à l'extrémité sternale de la quatrième côte

Tableau AV.21 : matrice de contingence par classes d'âge et par score de l'échantillon de référence de SSPI+CO, selon une distribution conforme à une espérance de vie à la naissance de 30 ans (e0=30 ans)

SSPIA	classe d'âge	SSPIA1	SSPIA2	total	
	20-29	8	9	17	
	30-39	6	11	17	
	40-49	8	11	19	
	50-59	9	13	22	
	>60	4	54	58	
SSPIB	classe d'âge	SSPIB1	SSPIB2	SSPIB3	SSPIB4 total
	20-29	9	7	1	0 17
	30-39	2	15	0	0 17
	40-49	1	12	5	1 19
	50-59	0	16	4	2 22
	>60	0	9	28	21 58
SSPIC	classe d'âge	SSPIC1	SSPIC2	total	
	20-29	14	3	17	
	30-39	12	5	17	
	40-49	11	8	19	
	50-59	10	12	22	
	>60	13	45	58	
SSPID	classe d'âge	SSPID1	SSPID2	total	
	20-29	15	2	17	
	30-39	11	6	17	
	40-49	15	4	19	
	50-59	7	15	22	
	>60	11	47	58	
CO4A	classe d'âge	CO4A1	CO4A2	CO4A3	total
	20-29	7	4	6	17
	30-39	2	7	8	17
	40-49	4	5	10	19
	50-59	0	3	19	22
	>60	1	10	47	58
CO4B	classe d'âge	CO4B1	CO4B2	CO4B3	total
	20-29	16	1	0	17
	30-39	8	7	2	17
	40-49	8	7	4	19
	50-59	3	10	9	22
	>60	4	23	31	58
CO4C	classe d'âge	CO4C1	CO4C2	CO4C3	total
	20-29	2	15	0	17
	30-39	0	13	4	17
	40-49	1	14	4	19
	50-59	0	16	6	22
	>60	2	22	34	58

Tableau AV.22 : matrice de contingence par classes d'âge et par score de l'échantillon de référence de SSPI+CO⁴, selon une distribution uniforme

SSPIA	classe d'âge	SSPIA1	SSPIA2			total
	20-29	10	10			20
	30-39	7	13			20
	40-49	8	12			20
	50-59	7	13			20
	>60	2	18			20
SSPIB	classe d'âge	SSPIB1	SSPIB2	SSPIB3	SSPIB4	total
	20-29	12	7	1	0	20
	30-39	3	16	1	0	20
	40-49	1	12	6	1	20
	50-59	0	14	4	2	20
	>60	0	6	7	7	20
SSPIC	classe d'âge	SSPIC1	SSPIC2			total
	20-29	17	3			20
	30-39	15	5			20
	40-49	12	8			20
	50-59	10	10			20
	>60	4	16			20
SSPID	classe d'âge	SSPID1	SSPID2			total
	20-29	18	2			20
	30-39	11	9			20
	40-49	16	4			20
	50-59	7	13			20
	>60	4	16			20
CO4A	classe d'âge	CO4A1	CO4A2	CO4A3	total	
	20-29	10	4	6	20	
	30-39	2	10	8	20	
	40-49	4	5	11	20	
	50-59	0	3	17	20	
	>60	0	3	17	20	
CO4B	classe d'âge	CO4B1	CO4B2	CO4B3	total	
	20-29	18	2	0	20	
	30-39	11	7	2	20	
	40-49	8	7	5	20	
	50-59	3	9	8	20	
	>60	1	7	12	20	
CO4C	classe d'âge	CO4C1	CO4C2	CO4C3	total	
	20-29	5	15	0	20	
	30-39	0	15	5	20	
	40-49	1	15	4	20	
	50-59	0	15	5	20	
	>60	0	8	12	20	

Tableau AV.23 : distribution des probabilités a posteriori des spécimens de l'échantillon test selon le mode 1

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co498	20-29	19	M	1211312	0.45	0.26	0.24	0.05	0.00	20-49	VRAI
HTH 0630	20-29	22	M	1211312	0.45	0.26	0.24	0.05	0.00	20-49	VRAI
SPI2381	20-29	22	M	2111112	0.97	0.02	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
Co299	20-29	22	M	2311111	0.74	0.00	0.26	0.00	0.00	20-49	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	2111112	0.97	0.02	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	2111212	0.86	0.11	0.03	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0862	20-29	23	M	1111122	0.74	0.14	0.12	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 1769	20-29	24	M	1111312	0.91	0.06	0.03	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2799	20-29	25	M	2122212	0.44	0.46	0.10	0.00	0.00	20-39	VRAI
SPI2720	20-29	25	M	1111112	0.98	0.01	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2720	20-29	25	M	1111212	0.91	0.07	0.02	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0490	20-29	26	M	1211312	0.45	0.26	0.24	0.05	0.00	20-49	VRAI
HTH 1272	20-29	26	M	2211112	0.70	0.14	0.16	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 0490	20-29	26	M	1222312	0.05	0.23	0.18	0.52	0.02	30-59	FAUX
HTH 0658	20-29	28	M	2111111	1.00	0.00	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0288	20-29	29	M	2221312	0.17	0.31	0.37	0.14	0.03	20-49	VRAI
HTH 0288	20-29	29	M	2211212	0.36	0.45	0.18	0.01	0.00	20-49	VRAI
Co14	30-39	30	M	2211112	0.70	0.14	0.16	0.00	0.00	20-29	FAUX
HTH 0922	30-39	33	M	2212222	0.01	0.57	0.11	0.24	0.07	30-59	VRAI
SPI2185	30-39	33	M	1112222	0.16	0.73	0.12	0.00	0.00	30-49	VRAI
HTH 0922	30-39	33	M	1212112	0.53	0.27	0.20	0.00	0.00	20-39	VRAI
SPI2254	30-39	34	M	1211213	0.00	0.65	0.32	0.03	0.00	30-49	VRAI
HTH 1447	30-39	34	M	2221223	0.00	0.37	0.24	0.14	0.25	ind	FAUX
HTH 1051	30-39	34	M	2221322	0.01	0.22	0.27	0.38	0.12	30-59	VRAI
HTH 0307	30-39	36	M	2112312	0.68	0.27	0.06	0.00	0.00	20-29	FAUX
HTH 0385	30-39	37	M	1212332	0.00	0.09	0.08	0.81	0.03	50-59	FAUX
HTH 0812	30-39	37	M	2211322	0.03	0.41	0.29	0.25	0.03	30-59	VRAI
Co85	30-39	37	M	2221322	0.01	0.22	0.27	0.38	0.12	30-59	VRAI
HTH 1150	30-39	38	M	2212333	0.00	0.04	0.03	0.39	0.54	>50	FAUX
Co436	30-39	39	M	2211312	0.36	0.34	0.24	0.05	0.00	20-49	VRAI
ALC85	30-39	39	M	1211312	0.45	0.26	0.24	0.05	0.00	20-49	VRAI
SPI2542	30-39	39	M	2221223	0.00	0.37	0.24	0.14	0.25	ind	FAUX
ALC85	30-39	39	M	1211212	0.46	0.35	0.18	0.01	0.00	20-49	VRAI
SPI2542	30-39	39	M	2221212	0.19	0.45	0.31	0.04	0.01	20-49	VRAI
Co263	40-49	40	M	1221322	0.01	0.20	0.33	0.44	0.02	30-59	VRAI
SPI2173	40-49	40	M	2111312	0.88	0.09	0.04	0.00	0.00	20-29	FAUX
Co28	40-49	41	M	2211312	0.36	0.34	0.24	0.05	0.00	20-49	VRAI
HTH 2291	40-49	42	M	2221122	0.06	0.32	0.61	0.00	0.01	30-49	VRAI
HTH 0462	40-49	42	M	1211112	0.76	0.10	0.14	0.00	0.00	20-39	FAUX
Co237	40-49	42	M	1211212	0.46	0.35	0.18	0.01	0.00	20-49	VRAI
HTH 2291	40-49	42	M	2321323	0.00	0.00	0.05	0.05	0.90	>60	FAUX
HTH 0462	40-49	42	M	2221112	0.46	0.18	0.35	0.00	0.00	20-49	VRAI
HTH 1338	40-49	42	M	2312323	0.00	0.00	0.01	0.08	0.91	>60	FAUX
HTH 3190	40-49	43	M	2321312	0.08	0.00	0.53	0.12	0.27	>40	VRAI
HTH 3190	40-49	43	M	1211312	0.45	0.26	0.24	0.05	0.00	20-49	VRAI
HTH 1172	40-49	43	M	2211222	0.04	0.63	0.25	0.07	0.01	30-49	VRAI
Co120	40-49	43	M	1211121	0.42	0.00	0.58	0.00	0.00	20-49	VRAI
HTH 1172	40-49	43	M	1211323	0.00	0.36	0.30	0.33	0.02	30-59	VRAI
SPI2556	40-49	44	M	1312232	0.00	0.00	0.24	0.48	0.28	>40	VRAI
HTH 3397	40-49	46	M	2211212	0.36	0.45	0.18	0.01	0.00	20-49	VRAI
Co44	40-49	46	M	2421332	0.00	0.00	0.03	0.10	0.87	>60	FAUX

Tableau AV.23 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2661	40-49	47	M	1322232	0.00	0.00	0.10	0.33	0.57	>50	FAUX
Co37	40-49	49	M	2222333	0.00	0.01	0.01	0.20	0.78	>50	FAUX
Co116	50-59	50	M	2222333	0.00	0.01	0.01	0.20	0.78	>50	VRAI
ALC26	50-59	52	M	2411322	0.00	0.00	0.20	0.26	0.54	>50	VRAI
HTH 2870	50-59	52	M	2211222	0.04	0.63	0.25	0.07	0.01	30-49	FAUX
ALC104	50-59	53	M	2212332	0.00	0.09	0.06	0.64	0.21	>50	FAUX
HTH 1399	50-59	53	M	2222323	0.00	0.03	0.02	0.26	0.69	>50	FAUX
ALC20	50-59	53	M	1322332	0.00	0.00	0.04	0.42	0.54	>50	VRAI
ALC104	50-59	53	M	1212322	0.01	0.22	0.10	0.66	0.02	30-59	VRAI
HTH 0197	50-59	53	M	1322332	0.00	0.00	0.04	0.42	0.54	>50	VRAI
ALC20	50-59	53	M	1312332	0.00	0.00	0.10	0.62	0.28	>50	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	1222322	0.00	0.09	0.07	0.78	0.05	>50	VRAI
HTH 1531	50-59	54	M	2222332	0.00	0.02	0.03	0.49	0.47	>50	VRAI
HTH 2755	50-59	56	M	2212333	0.00	0.04	0.03	0.39	0.54	>50	VRAI
HTH 2755	50-59	56	M	1222333	0.00	0.02	0.03	0.67	0.28	>50	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	2211212	0.36	0.45	0.18	0.01	0.00	20-49	FAUX
Co150	50-59	57	M	2421322	0.00	0.00	0.06	0.13	0.80	>60	FAUX
HTH 0430	50-59	57	M	1212322	0.01	0.22	0.10	0.66	0.02	30-59	VRAI
HTH 0430	50-59	57	M	1222323	0.00	0.07	0.05	0.69	0.20	>50	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	1212322	0.01	0.22	0.10	0.66	0.02	>50	VRAI
HTH 1019	50-59	58	M	2321312	0.08	0.00	0.53	0.12	0.27	>40	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	2211323	0.00	0.37	0.24	0.27	0.12	30-59	VRAI
SPI2162	50-59	59	M	2221232	0.00	0.25	0.35	0.24	0.16	30-59	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	2222312	0.03	0.24	0.14	0.43	0.16	ind	FAUX
Co103	>60	60	M	1322333	0.00	0.00	0.01	0.16	0.83	>60	VRAI
SPI2808	>60	60	M	2312331	0.00	0.00	0.03	0.00	0.97	>60	VRAI
SPI2363	>60	61	M	2222333	0.00	0.01	0.01	0.20	0.78	>50	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	2322323	0.00	0.00	0.00	0.03	0.97	>60	VRAI
SPI2207	>60	63	M	2311332	0.00	0.00	0.29	0.23	0.48	>40	VRAI
ALC70	>60	63	M	2322323	0.00	0.00	0.00	0.03	0.97	>60	VRAI
HTH 0912	>60	63	M	2222312	0.03	0.24	0.14	0.43	0.16	ind	FAUX
ALC70	>60	63	M	2312323	0.00	0.00	0.01	0.08	0.91	>60	VRAI
SPI2419	>60	63	M	2322223	0.00	0.00	0.01	0.02	0.97	>60	VRAI
Co336	>60	63	M	2421333	0.00	0.00	0.01	0.03	0.97	>60	VRAI
Co455	>60	63	M	2422323	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
SPI2207	>60	63	M	2322332	0.00	0.00	0.01	0.08	0.92	>60	VRAI
ALC57	>60	64	M	2322333	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
ALC57	>60	64	M	2312333	0.00	0.00	0.01	0.06	0.94	>60	VRAI
Co109	>60	64	M	2421332	0.00	0.00	0.03	0.10	0.87	>60	VRAI
Co442	>60	65	M	2422332	0.00	0.00	0.00	0.05	0.95	>60	VRAI
Co442	>60	65	M	2421323	0.00	0.00	0.01	0.04	0.95	>60	VRAI
ALC12	>60	66	M	2322332	0.00	0.00	0.01	0.08	0.92	>60	VRAI
HTH 3119	>60	66	M	2322322	0.00	0.00	0.02	0.11	0.87	>60	VRAI
ALC12	>60	66	M	2222332	0.00	0.02	0.03	0.49	0.47	>50	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	1312322	0.00	0.00	0.16	0.65	0.19	>50	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	2322322	0.00	0.00	0.02	0.11	0.87	>60	VRAI
HTH 2877	>60	68	M	2212222	0.01	0.57	0.11	0.24	0.07	30-59	FAUX
Co108	>60	68	M	2422323	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
HTH 2877	>60	68	M	1312213	0.00	0.00	0.54	0.23	0.22	>40	VRAI
HTH 2163	>60	68	M	2322223	0.00	0.00	0.01	0.02	0.97	>60	VRAI

Tableau AV.23 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2917	>60	69	M	2412233	0.00	0.00	0.00	0.03	0.97	>60	VRAI
SPI2182	>60	70	M	2222333	0.00	0.01	0.01	0.20	0.78	>50	VRAI
SPI2182	>60	70	M	2322333	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
HTH 2071	>60	71	M	2422322	0.00	0.00	0.00	0.08	0.92	>60	VRAI
Co391	>60	71	M	2421322	0.00	0.00	0.06	0.13	0.80	>60	VRAI
Co391	>60	71	M	2421332	0.00	0.00	0.03	0.10	0.87	>60	VRAI
SPI2818	>60	71	M	2422233	0.00	0.00	0.00	0.01	0.99	>60	VRAI
SPI2818	>60	71	M	2322233	0.00	0.00	0.00	0.01	0.98	>60	VRAI
HTH 2662	>60	72	M	2322333	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
HTH 1030	>60	72	M	2422312	0.00	0.00	0.03	0.12	0.85	>60	VRAI
HTH 2662	>60	72	M	2322323	0.00	0.00	0.00	0.03	0.97	>60	VRAI
ALC25	>60	74	M	2421312	0.00	0.00	0.29	0.16	0.56	>40	VRAI
SPI2913	>60	75	M	2422323	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
ALC44	>60	75	M	2312332	0.00	0.00	0.03	0.19	0.78	>50	VRAI
SPI2913	>60	75	M	2412323	0.00	0.00	0.00	0.06	0.94	>60	VRAI
ALC44	>60	75	M	2322322	0.00	0.00	0.02	0.11	0.87	>60	VRAI
ALC61	>60	76	M	2322333	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
ALC96	>60	78	M	2422332	0.00	0.00	0.00	0.05	0.95	>60	VRAI
HTH 2769	>60	81	M	2421333	0.00	0.00	0.01	0.03	0.97	>60	VRAI
SPI2538	>60	81	M	2312223	0.00	0.00	0.03	0.06	0.91	>60	VRAI
HTH 2769	>60	81	M	2422323	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
HTH 2314	>60	82	M	2321333	0.00	0.00	0.02	0.04	0.94	>60	VRAI
HTH 2326	>60	83	M	2221223	0.00	0.37	0.24	0.14	0.25	ind	FAUX
HTH 2326	>60	83	M	2221222	0.01	0.46	0.32	0.14	0.06	30-59	FAUX
ALC8	>60	83	M	2322332	0.00	0.00	0.01	0.08	0.92	>60	VRAI
HTH 1195	>60	84	M	1312333	0.00	0.00	0.04	0.34	0.62	>50	VRAI
HTH 1195	>60	84	M	2312323	0.00	0.00	0.01	0.08	0.91	>60	VRAI
HTH 2049	>60	85	M	2222333	0.00	0.01	0.01	0.20	0.78	>50	VRAI
HTH 2049	>60	85	M	2222333	0.00	0.01	0.01	0.20	0.78	>50	VRAI
SPI2063	>60	92	M	2422131	0.00	0.00	0.03	0.00	0.97	>60	VRAI
Co448	>60	96	M	2422332	0.00	0.00	0.00	0.05	0.95	>60	VRAI
Co448	>60	96	M	2422333	0.00	0.00	0.00	0.01	0.98	>60	VRAI

Tableau AV.24 : distribution des probabilités a posteriori des spécimens de l'échantillon test selon le mode 2

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co498	20-29	19	M	1211312	0.39	0.28	0.27	0.06	0.00	20-49	VRAI
HTH 0630	20-29	22	M	1211312	0.39	0.28	0.27	0.06	0.00	20-49	VRAI
SPI2381	20-29	22	M	2111112	0.96	0.02	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
Co299	20-29	22	M	2311111	0.86	0.00	0.14	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	2111112	0.96	0.02	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	2111212	0.77	0.21	0.03	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 0862	20-29	23	M	1111122	0.89	0.06	0.05	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 1769	20-29	24	M	1111312	0.90	0.07	0.03	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2799	20-29	25	M	2122212	0.20	0.74	0.06	0.00	0.00	20-39	VRAI
SPI2720	20-29	25	M	1111112	0.98	0.01	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2720	20-29	25	M	1111212	0.86	0.12	0.02	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0490	20-29	26	M	1211312	0.39	0.28	0.27	0.06	0.00	20-49	VRAI
HTH 1272	20-29	26	M	2211112	0.70	0.14	0.16	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 0490	20-29	26	M	1222312	0.03	0.31	0.19	0.45	0.02	30-59	FAUX
HTH 0658	20-29	28	M	2111111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0288	20-29	29	M	2221312	0.11	0.27	0.43	0.17	0.02	30-59	FAUX
HTH 0288	20-29	29	M	2211212	0.24	0.58	0.17	0.02	0.00	20-39	VRAI
Co14	30-39	30	M	2211112	0.70	0.14	0.16	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 0922	30-39	33	M	2212222	0.01	0.67	0.08	0.22	0.03	30-59	VRAI
SPI2185	30-39	33	M	1112222	0.13	0.81	0.06	0.00	0.00	30-39	VRAI
HTH 0922	30-39	33	M	1212112	0.47	0.37	0.16	0.00	0.00	20-39	VRAI
SPI2254	30-39	34	M	1211213	0.00	0.75	0.22	0.02	0.00	30-49	VRAI
HTH 1447	30-39	34	M	2221223	0.00	0.40	0.26	0.17	0.17	30-59	VRAI
HTH 1051	30-39	34	M	2221322	0.01	0.14	0.32	0.43	0.10	30-59	VRAI
HTH 0307	30-39	36	M	2112312	0.46	0.49	0.05	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 0385	30-39	37	M	1212332	0.00	0.11	0.11	0.75	0.04	>40	FAUX
HTH 0812	30-39	37	M	2211322	0.04	0.30	0.33	0.31	0.02	30-59	VRAI
Co85	30-39	37	M	2221322	0.01	0.14	0.32	0.43	0.10	30-59	VRAI
HTH 1150	30-39	38	M	2212333	0.00	0.06	0.04	0.44	0.46	>50	FAUX
Co436	30-39	39	M	2211312	0.28	0.36	0.29	0.08	0.00	20-49	VRAI
ALC85	30-39	39	M	1211312	0.39	0.28	0.27	0.06	0.00	20-49	VRAI
SPI2542	30-39	39	M	2221223	0.00	0.40	0.26	0.17	0.17	30-59	VRAI
ALC85	30-39	39	M	1211212	0.35	0.46	0.17	0.01	0.00	20-49	VRAI
SPI2542	30-39	39	M	2221212	0.11	0.53	0.31	0.05	0.00	30-49	VRAI
Co263	40-49	40	M	1221322	0.02	0.14	0.39	0.43	0.02	30-59	VRAI
SPI2173	40-49	40	M	2111312	0.84	0.12	0.04	0.00	0.00	20-29	FAUX
Co28	40-49	41	M	2211312	0.28	0.36	0.29	0.08	0.00	20-49	VRAI
HTH 2291	40-49	42	M	2221122	0.10	0.21	0.69	0.00	0.00	30-49	VRAI
HTH 0462	40-49	42	M	1211112	0.79	0.08	0.12	0.00	0.00	20-39	FAUX
Co237	40-49	42	M	1211212	0.35	0.46	0.17	0.01	0.00	20-39	FAUX
HTH 2291	40-49	42	M	2321323	0.00	0.01	0.16	0.16	0.66	>50	FAUX
HTH 0462	40-49	42	M	2221112	0.45	0.17	0.39	0.00	0.00	20-49	VRAI
HTH 1338	40-49	42	M	2312323	0.00	0.03	0.06	0.28	0.63	>50	FAUX
HTH 3190	40-49	43	M	2321312	0.05	0.05	0.68	0.16	0.06	>40	VRAI
HTH 3190	40-49	43	M	1211312	0.39	0.28	0.27	0.06	0.00	20-49	VRAI
HTH 1172	40-49	43	M	2211222	0.04	0.62	0.25	0.09	0.00	30-49	VRAI
Co120	40-49	43	M	1211121	0.81	0.00	0.19	0.00	0.00	20-29	FAUX
HTH 1172	40-49	43	M	1211323	0.00	0.32	0.35	0.32	0.02	30-59	VRAI
SPI2556	40-49	44	M	1312232	0.00	0.10	0.32	0.48	0.10	>40	VRAI
HTH 3397	40-49	46	M	2211212	0.24	0.58	0.17	0.02	0.00	20-39	FAUX
Co44	40-49	46	M	2421332	0.00	0.00	0.07	0.21	0.73	>50	FAUX

Tableau AV.24 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2661	40-49	47	M	1322232	0.00	0.03	0.19	0.44	0.34	>40	VRAI
Co37	40-49	49	M	2222333	0.00	0.01	0.01	0.19	0.79	>50	FAUX
Co116	50-59	50	M	2222333	0.00	0.01	0.01	0.19	0.79	>50	VRAI
ALC26	50-59	52	M	2411322	0.00	0.00	0.30	0.48	0.22	>40	VRAI
HTH 2870	50-59	52	M	2211222	0.04	0.62	0.25	0.09	0.00	30-49	FAUX
ALC104	50-59	53	M	2212332	0.00	0.09	0.08	0.67	0.16	>50	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	2222323	0.00	0.04	0.02	0.29	0.64	>50	VRAI
ALC20	50-59	53	M	1322332	0.00	0.01	0.09	0.51	0.40	>50	VRAI
ALC104	50-59	53	M	1212322	0.01	0.26	0.11	0.60	0.02	30-59	VRAI
HTH 0197	50-59	53	M	1322332	0.00	0.01	0.09	0.51	0.40	>50	VRAI
ALC20	50-59	53	M	1312332	0.00	0.02	0.17	0.67	0.13	>50	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	1222322	0.00	0.11	0.09	0.73	0.07	40-59	VRAI
HTH 1531	50-59	54	M	2222332	0.00	0.02	0.04	0.49	0.45	>50	VRAI
HTH 2755	50-59	56	M	2212333	0.00	0.06	0.04	0.44	0.46	>50	VRAI
HTH 2755	50-59	56	M	1222333	0.00	0.02	0.04	0.50	0.44	>50	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	2211212	0.24	0.58	0.17	0.02	0.00	20-39	FAUX
Co150	50-59	57	M	2421322	0.00	0.00	0.13	0.31	0.56	>50	VRAI
HTH 0430	50-59	57	M	1212322	0.01	0.26	0.11	0.60	0.02	30-59	VRAI
HTH 0430	50-59	57	M	1222323	0.00	0.09	0.06	0.59	0.27	>50	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	1212322	0.01	0.26	0.11	0.60	0.02	ind	ind
HTH 1019	50-59	58	M	2321312	0.05	0.05	0.68	0.16	0.06	40-59	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	2211323	0.00	0.32	0.28	0.32	0.08	30-59	VRAI
SPI2162	50-59	59	M	2221232	0.00	0.20	0.41	0.27	0.12	30-59	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	2222312	0.02	0.30	0.15	0.44	0.09	30-59	VRAI
Co103	>60	60	M	1322333	0.00	0.00	0.03	0.21	0.76	>50	VRAI
SPI2808	>60	60	M	2312331	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	40-49	FAUX
SPI2363	>60	61	M	2222333	0.00	0.01	0.01	0.19	0.79	>50	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	2322323	0.00	0.00	0.01	0.10	0.88	>60	VRAI
SPI2207	>60	63	M	2311332	0.00	0.02	0.50	0.33	0.15	>40	VRAI
ALC70	>60	63	M	2322323	0.00	0.00	0.01	0.10	0.88	>60	VRAI
HTH 0912	>60	63	M	2222312	0.02	0.30	0.15	0.44	0.09	30-59	FAUX
ALC70	>60	63	M	2312323	0.00	0.03	0.06	0.28	0.63	>50	VRAI
SPI2419	>60	63	M	2322223	0.00	0.02	0.03	0.10	0.85	>60	VRAI
Co336	>60	63	M	2421333	0.00	0.00	0.02	0.06	0.93	>60	VRAI
Co455	>60	63	M	2422323	0.00	0.00	0.00	0.05	0.94	>60	VRAI
SPI2207	>60	63	M	2322332	0.00	0.00	0.03	0.20	0.77	>50	VRAI
ALC57	>60	64	M	2322333	0.00	0.00	0.01	0.05	0.94	>60	VRAI
ALC57	>60	64	M	2312333	0.00	0.01	0.03	0.18	0.78	>50	VRAI
Co109	>60	64	M	2421332	0.00	0.00	0.07	0.21	0.73	>50	VRAI
Co442	>60	65	M	2422332	0.00	0.00	0.01	0.12	0.88	>60	VRAI
Co442	>60	65	M	2421323	0.00	0.00	0.04	0.10	0.86	>60	VRAI
ALC12	>60	66	M	2322332	0.00	0.00	0.03	0.20	0.77	>50	VRAI
HTH 3119	>60	66	M	2322322	0.00	0.01	0.05	0.31	0.62	>50	VRAI
ALC12	>60	66	M	2222332	0.00	0.02	0.04	0.49	0.45	>50	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	1312322	0.00	0.06	0.21	0.66	0.07	40-59	FAUX
HTH 1545	>60	67	M	2322322	0.00	0.01	0.05	0.31	0.62	>50	VRAI
HTH 2877	>60	68	M	2212222	0.01	0.67	0.08	0.22	0.03	30-59	FAUX
Co108	>60	68	M	2422323	0.00	0.00	0.00	0.05	0.94	>60	VRAI
HTH 2877	>60	68	M	1312213	0.00	0.48	0.34	0.15	0.03	30-59	FAUX
HTH 2163	>60	68	M	2322223	0.00	0.02	0.03	0.10	0.85	>60	VRAI
SPI2917	>60	69	M	2412233	0.00	0.00	0.01	0.10	0.88	>60	VRAI

Tableau AV.24 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2182	>60	70	M	2222333	0.00	0.01	0.01	0.19	0.79	>50	VRAI
SPI2182	>60	70	M	2322333	0.00	0.00	0.01	0.05	0.94	>60	VRAI
HTH 2071	>60	71	M	2422322	0.00	0.00	0.01	0.20	0.79	>50	VRAI
Co391	>60	71	M	2421322	0.00	0.00	0.13	0.31	0.56	>50	VRAI
Co391	>60	71	M	2421332	0.00	0.00	0.07	0.21	0.73	>50	VRAI
SPI2818	>60	71	M	2422233	0.00	0.00	0.00	0.03	0.97	>60	VRAI
SPI2818	>60	71	M	2322233	0.00	0.00	0.02	0.05	0.93	>60	VRAI
HTH 2662	>60	72	M	2322333	0.00	0.00	0.01	0.05	0.94	>60	VRAI
HTH 1030	>60	72	M	2422312	0.00	0.00	0.07	0.35	0.59	>50	VRAI
HTH 2662	>60	72	M	2322323	0.00	0.00	0.01	0.10	0.88	>60	VRAI
ALC25	>60	74	M	2421312	0.00	0.00	0.45	0.31	0.24	>40	VRAI
SPI2913	>60	75	M	2422323	0.00	0.00	0.00	0.05	0.94	>60	VRAI
ALC44	>60	75	M	2312332	0.00	0.01	0.09	0.46	0.44	>50	VRAI
SPI2913	>60	75	M	2412323	0.00	0.00	0.01	0.18	0.81	>60	VRAI
ALC44	>60	75	M	2322322	0.00	0.01	0.05	0.31	0.62	>50	VRAI
ALC61	>60	76	M	2322333	0.00	0.00	0.01	0.05	0.94	>60	VRAI
ALC96	>60	78	M	2422332	0.00	0.00	0.01	0.12	0.88	>60	VRAI
HTH 2769	>60	81	M	2421333	0.00	0.00	0.02	0.06	0.93	>60	VRAI
SPI2538	>60	81	M	2312223	0.00	0.15	0.12	0.23	0.50	>40	VRAI
HTH 2769	>60	81	M	2422323	0.00	0.00	0.00	0.05	0.94	>60	VRAI
HTH 2314	>60	82	M	2321333	0.00	0.00	0.08	0.10	0.81	>60	VRAI
HTH 2326	>60	83	M	2221223	0.00	0.40	0.26	0.17	0.17	30-59	FAUX
HTH 2326	>60	83	M	2221222	0.02	0.42	0.34	0.18	0.04	30-59	FAUX
ALC8	>60	83	M	2322332	0.00	0.00	0.03	0.20	0.77	>50	VRAI
HTH 1195	>60	84	M	1312333	0.00	0.01	0.10	0.47	0.42	>50	VRAI
HTH 1195	>60	84	M	2312323	0.00	0.03	0.06	0.28	0.63	>50	VRAI
HTH 2049	>60	85	M	2222333	0.00	0.01	0.01	0.19	0.79	>50	VRAI
HTH 2049	>60	85	M	2222333	0.00	0.01	0.01	0.19	0.79	>50	VRAI
SPI2063	>60	92	M	2422131	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	40-49	FAUX
Co448	>60	96	M	2422332	0.00	0.00	0.01	0.12	0.88	>60	VRAI
Co448	>60	96	M	2422333	0.00	0.00	0.00	0.03	0.97	>60	VRAI

8 SSPI-TI+CO⁴ : surface sacro-pelvienne iliaque sans la tubérosité iliaque, combinée à l'extrémité sternale de la quatrième côte

Tableau AV.25 : distribution des probabilités *a posteriori* des spécimens de l'échantillon test selon le mode 1

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co498	20-29	19	M	121312	0.37	0.29	0.22	0.12	0.00	20-49	VRAI
HTH 0630	20-29	28	M	121312	0.99	0.00	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2381	20-29	25	M	211112	0.68	0.23	0.08	0.00	0.00	20-39	VRAI
Co299	20-29	22	M	231111	0.37	0.29	0.22	0.12	0.00	20-49	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	211112	0.96	0.03	0.02	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	211212	0.71	0.00	0.28	0.00	0.01	20-49	VRAI
HTH 0862	20-29	26	M	111122	0.37	0.29	0.22	0.12	0.00	20-49	VRAI
HTH 1769	20-29	25	M	111312	0.97	0.02	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2799	20-29	22	M	212212	0.96	0.03	0.02	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2720	20-29	23	M	111112	0.70	0.17	0.13	0.00	0.00	20-39	VRAI
SPI2720	20-29	29	M	111212	0.11	0.28	0.28	0.25	0.08	30-59	FAUX
HTH 0490	20-29	29	M	121312	0.30	0.51	0.16	0.03	0.00	20-39	VRAI
HTH 1272	20-29	22	M	221112	0.82	0.15	0.03	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0490	20-29	24	M	122312	0.89	0.07	0.03	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0658	20-29	25	M	211111	0.88	0.10	0.03	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0288	20-29	26	M	222312	0.65	0.18	0.16	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 0288	20-29	26	M	221212	0.16	0.24	0.32	0.28	0.01	ind	ind
Co14	30-39	30	M	221112	0.65	0.18	0.16	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 0922	30-39	37	M	221222	0.00	0.13	0.20	0.65	0.02	40-59	FAUX
SPI2185	30-39	34	M	111222	0.00	0.67	0.27	0.06	0.00	30-49	VRAI
HTH 0922	30-39	37	M	121112	0.02	0.33	0.19	0.40	0.07	30-59	VRAI
SPI2254	30-39	33	M	121213	0.03	0.61	0.20	0.13	0.03	30-49	VRAI
HTH 1447	30-39	39	M	222223	0.29	0.37	0.21	0.12	0.01	20-49	VRAI
HTH 1051	30-39	39	M	222322	0.37	0.29	0.22	0.12	0.00	20-49	VRAI
HTH 0307	30-39	37	M	211312	0.00	0.14	0.13	0.47	0.25	ind	ind
HTH 0385	30-39	39	M	121332	0.00	0.22	0.11	0.17	0.50	ind	ind
HTH 0812	30-39	34	M	221322	0.00	0.22	0.11	0.17	0.50	ind	ind
Co85	30-39	33	M	222322	0.34	0.52	0.14	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 1150	30-39	39	M	221333	0.39	0.41	0.18	0.03	0.00	20-39	VRAI
Co436	30-39	36	M	221312	0.85	0.11	0.04	0.00	0.00	20-29	FAUX
ALC85	30-39	34	M	121312	0.00	0.14	0.13	0.47	0.25	>40	FAUX
SPI2542	30-39	38	M	222223	0.00	0.08	0.09	0.39	0.44	>50	FAUX
ALC85	30-39	39	M	121212	0.14	0.48	0.27	0.08	0.03	20-49	VRAI
SPI2542	30-39	33	M	222212	0.73	0.12	0.15	0.00	0.00	20-39	VRAI
Co263	40-49	40	M	122322	0.01	0.14	0.19	0.63	0.04	40-59	VRAI
SPI2173	40-49	43	M	211312	0.04	0.00	0.26	0.14	0.56	>40	VRAI
Co28	40-49	42	M	221312	0.05	0.35	0.55	0.00	0.06	30-49	VRAI
HTH 2291	40-49	43	M	222122	0.37	0.29	0.22	0.12	0.00	20-49	VRAI
HTH 0462	40-49	43	M	121112	0.03	0.61	0.20	0.13	0.03	30-49	VRAI
Co237	40-49	42	M	121212	0.73	0.12	0.15	0.00	0.00	20-39	FAUX
HTH 2291	40-49	46	M	232323	0.30	0.51	0.16	0.03	0.00	20-39	FAUX
HTH 0462	40-49	46	M	222112	0.00	0.00	0.01	0.06	0.93	>60	FAUX
HTH 1338	40-49	43	M	231323	0.39	0.00	0.61	0.00	0.00	20-49	VRAI
HTH 3190	40-49	41	M	232312	0.29	0.37	0.21	0.12	0.01	20-49	VRAI
HTH 3190	40-49	42	M	121312	0.39	0.41	0.18	0.03	0.00	20-39	FAUX
HTH 1172	40-49	43	M	221222	0.00	0.27	0.19	0.50	0.04	30-59	VRAI
Co120	40-49	42	M	121121	0.00	0.00	0.01	0.03	0.95	>60	FAUX
HTH 1172	40-49	44	M	121323	0.00	0.00	0.52	0.32	0.16	40-59	VRAI
SPI2556	40-49	49	M	131232	0.00	0.02	0.03	0.22	0.73	>50	FAUX
HTH 3397	40-49	42	M	221212	0.42	0.22	0.35	0.00	0.01	20-49	VRAI
Co44	40-49	42	M	242332	0.00	0.00	0.05	0.09	0.86	>60	FAUX

Tableau AV.25 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2661	40-49	47	M	132232	0.00	0.00	0.29	0.29	0.42	>40	VRAI
Co37	40-49	40	M	222333	0.85	0.11	0.04	0.00	0.00	20-29	FAUX
Co116	50-59	53	M	222333	0.00	0.14	0.16	0.54	0.15	>40	VRAI
ALC26	50-59	53	M	241322	0.00	0.06	0.06	0.27	0.60	>50	VRAI
HTH 2870	50-59	57	M	221222	0.30	0.51	0.16	0.03	0.00	20-39	FAUX
ALC104	50-59	56	M	221332	0.00	0.08	0.09	0.39	0.44	>50	VRAI
HTH 1399	50-59	52	M	222323	0.00	0.00	0.07	0.21	0.73	>50	VRAI
ALC20	50-59	53	M	132332	0.00	0.00	0.13	0.42	0.45	>50	VRAI
ALC104	50-59	59	M	121322	0.00	0.24	0.13	0.36	0.27	ind	ind
HTH 0197	50-59	52	M	132332	0.03	0.61	0.20	0.13	0.03	30-49	FAUX
ALC20	50-59	59	M	131332	0.00	0.16	0.18	0.32	0.34	>40	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	122322	0.03	0.29	0.22	0.45	0.01	30-59	VRAI
HTH 1531	50-59	57	M	222332	0.00	0.00	0.02	0.09	0.89	>60	FAUX
HTH 2755	50-59	53	M	221333	0.00	0.00	0.13	0.42	0.45	>50	VRAI
HTH 2755	50-59	54	M	122333	0.00	0.04	0.09	0.48	0.39	>50	VRAI
HTH 2649	50-59	58	M	221212	0.04	0.00	0.26	0.14	0.56	>40	VRAI
Co150	50-59	57	M	242322	0.03	0.29	0.22	0.45	0.01	30-59	VRAI
HTH 0430	50-59	57	M	121322	0.00	0.11	0.14	0.61	0.14	>40	VRAI
HTH 0430	50-59	53	M	122323	0.00	0.00	0.28	0.53	0.20	>40	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	121322	0.03	0.29	0.22	0.45	0.01	30-59	VRAI
HTH 1019	50-59	50	M	232312	0.00	0.02	0.03	0.22	0.73	>50	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	221323	0.11	0.28	0.28	0.25	0.08	30-59	VRAI
SPI2162	50-59	53	M	222232	0.01	0.14	0.19	0.63	0.04	40-59	VRAI
HTH 1514	50-59	56	M	222312	0.00	0.04	0.09	0.64	0.23	>50	VRAI
Co103	>60	60	M	132333	0.00	0.00	0.04	0.18	0.78	>50	VRAI
SPI2808	>60	66	M	231331	0.00	0.00	0.03	0.09	0.89	>60	VRAI
SPI2363	>60	76	M	222333	0.00	0.00	0.01	0.02	0.97	>60	VRAI
HTH 2977	>60	96	M	232323	0.00	0.00	0.01	0.06	0.93	>60	VRAI
SPI2207	>60	69	M	231332	0.00	0.00	0.02	0.03	0.95	>60	VRAI
ALC70	>60	63	M	232323	0.00	0.00	0.10	0.20	0.70	>50	VRAI
HTH 0912	>60	61	M	222312	0.00	0.02	0.03	0.22	0.73	>50	VRAI
ALC70	>60	71	M	231323	0.00	0.00	0.02	0.09	0.89	>60	VRAI
SPI2419	>60	63	M	232223	0.00	0.00	0.01	0.03	0.95	>60	VRAI
Co336	>60	63	M	242333	0.11	0.28	0.28	0.25	0.08	30-59	FAUX
Co455	>60	83	M	242323	0.00	0.22	0.11	0.17	0.50	ind	ind
SPI2207	>60	70	M	232332	0.00	0.02	0.03	0.22	0.73	>50	VRAI
ALC57	>60	68	M	232333	0.03	0.61	0.20	0.13	0.03	30-49	FAUX
ALC57	>60	85	M	231333	0.00	0.02	0.03	0.22	0.73	>50	VRAI
Co109	>60	71	M	242332	0.00	0.00	0.02	0.09	0.89	>60	VRAI
Co442	>60	66	M	242332	0.00	0.00	0.06	0.12	0.82	>60	VRAI
Co442	>60	68	M	242323	0.00	0.00	0.00	0.02	0.97	>60	VRAI
ALC12	>60	84	M	232332	0.00	0.00	0.14	0.34	0.52	>50	VRAI
HTH 3119	>60	81	M	232322	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
ALC12	>60	96	M	222332	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
HTH 1545	>60	66	M	131322	0.00	0.04	0.09	0.48	0.39	>50	VRAI
HTH 1545	>60	71	M	232322	0.00	0.00	0.01	0.06	0.93	>60	VRAI
HTH 2877	>60	63	M	221222	0.00	0.00	0.05	0.09	0.86	>60	VRAI
Co108	>60	64	M	242323	0.00	0.00	0.01	0.02	0.97	>60	VRAI
HTH 2877	>60	65	M	131213	0.00	0.00	0.01	0.06	0.93	>60	VRAI
HTH 2163	>60	81	M	232223	0.00	0.00	0.12	0.06	0.82	>60	VRAI
SPI2917	>60	78	M	241233	0.00	0.00	0.01	0.06	0.93	>60	VRAI

Tableau AV.25 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2661	40-49	47	M	132232	0.00	0.00	0.29	0.29	0.42	>40	VRAI
Co37	40-49	40	M	222333	0.85	0.11	0.04	0.00	0.00	20-29	FAUX
Co116	50-59	53	M	222333	0.00	0.14	0.16	0.54	0.15	>40	VRAI
ALC26	50-59	53	M	241322	0.00	0.06	0.06	0.27	0.60	>50	VRAI
HTH 2870	50-59	57	M	221222	0.30	0.51	0.16	0.03	0.00	20-39	FAUX
ALC104	50-59	56	M	221332	0.00	0.08	0.09	0.39	0.44	>50	VRAI
HTH 1399	50-59	52	M	222323	0.00	0.00	0.07	0.21	0.73	>50	VRAI
ALC20	50-59	53	M	132332	0.00	0.00	0.13	0.42	0.45	>50	VRAI
ALC104	50-59	59	M	121322	0.00	0.24	0.13	0.36	0.27	ind	ind
HTH 0197	50-59	52	M	132332	0.03	0.61	0.20	0.13	0.03	30-49	FAUX
ALC20	50-59	59	M	131332	0.00	0.16	0.18	0.32	0.34	>40	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	122322	0.03	0.29	0.22	0.45	0.01	30-59	VRAI
HTH 1531	50-59	57	M	222332	0.00	0.00	0.02	0.09	0.89	>60	FAUX
HTH 2755	50-59	53	M	221333	0.00	0.00	0.13	0.42	0.45	>50	VRAI
HTH 2755	50-59	54	M	122333	0.00	0.04	0.09	0.48	0.39	>50	VRAI
HTH 2649	50-59	58	M	221212	0.04	0.00	0.26	0.14	0.56	>40	VRAI
Co150	50-59	57	M	242322	0.03	0.29	0.22	0.45	0.01	30-59	VRAI
HTH 0430	50-59	57	M	121322	0.00	0.11	0.14	0.61	0.14	>40	VRAI
HTH 0430	50-59	53	M	122323	0.00	0.00	0.28	0.53	0.20	>40	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	121322	0.03	0.29	0.22	0.45	0.01	30-59	VRAI
HTH 1019	50-59	50	M	232312	0.00	0.02	0.03	0.22	0.73	>50	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	221323	0.11	0.28	0.28	0.25	0.08	30-59	VRAI
SPI2162	50-59	53	M	222232	0.01	0.14	0.19	0.63	0.04	40-59	VRAI
HTH 1514	50-59	56	M	222312	0.00	0.04	0.09	0.64	0.23	>50	VRAI
Co103	>60	60	M	132333	0.00	0.00	0.04	0.18	0.78	>50	VRAI
SPI2808	>60	66	M	231331	0.00	0.00	0.03	0.09	0.89	>60	VRAI
SPI2363	>60	76	M	222333	0.00	0.00	0.01	0.02	0.97	>60	VRAI
HTH 2977	>60	96	M	232323	0.00	0.00	0.01	0.06	0.93	>60	VRAI
SPI2207	>60	69	M	231332	0.00	0.00	0.02	0.03	0.95	>60	VRAI
ALC70	>60	63	M	232323	0.00	0.00	0.10	0.20	0.70	>50	VRAI
HTH 0912	>60	61	M	222312	0.00	0.02	0.03	0.22	0.73	>50	VRAI
ALC70	>60	71	M	231323	0.00	0.00	0.02	0.09	0.89	>60	VRAI
SPI2419	>60	63	M	232223	0.00	0.00	0.01	0.03	0.95	>60	VRAI
Co336	>60	63	M	242333	0.11	0.28	0.28	0.25	0.08	30-59	FAUX
Co455	>60	83	M	242323	0.00	0.22	0.11	0.17	0.50	ind	ind
SPI2207	>60	70	M	232332	0.00	0.02	0.03	0.22	0.73	>50	VRAI
ALC57	>60	68	M	232333	0.03	0.61	0.20	0.13	0.03	30-49	FAUX
ALC57	>60	85	M	231333	0.00	0.02	0.03	0.22	0.73	>50	VRAI
Co109	>60	71	M	242332	0.00	0.00	0.02	0.09	0.89	>60	VRAI
Co442	>60	66	M	242332	0.00	0.00	0.06	0.12	0.82	>60	VRAI
Co442	>60	68	M	242323	0.00	0.00	0.00	0.02	0.97	>60	VRAI
ALC12	>60	84	M	232332	0.00	0.00	0.14	0.34	0.52	>50	VRAI
HTH 3119	>60	81	M	232322	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
ALC12	>60	96	M	222332	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
HTH 1545	>60	66	M	131322	0.00	0.04	0.09	0.48	0.39	>50	VRAI
HTH 1545	>60	71	M	232322	0.00	0.00	0.01	0.06	0.93	>60	VRAI
HTH 2877	>60	63	M	221222	0.00	0.00	0.05	0.09	0.86	>60	VRAI
Co108	>60	64	M	242323	0.00	0.00	0.01	0.02	0.97	>60	VRAI
HTH 2877	>60	65	M	131213	0.00	0.00	0.01	0.06	0.93	>60	VRAI
HTH 2163	>60	81	M	232223	0.00	0.00	0.12	0.06	0.82	>60	VRAI
SPI2917	>60	78	M	241233	0.00	0.00	0.01	0.06	0.93	>60	VRAI

Tableau AV.25 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2182	>60	83	M	222333	0,01	0,37	0,21	0,24	0,17	30-59	FAUX
SPI2182	>60	81	M	232333	0,00	0,00	0,00	0,02	0,97	>60	VRAI
HTH 2071	>60	65	M	242322	0,00	0,00	0,00	0,02	0,97	>60	VRAI
Co391	>60	72	M	242322	0,00	0,00	0,01	0,02	0,97	>60	VRAI
Co391	>60	84	M	242332	0,00	0,00	0,05	0,09	0,86	>60	VRAI
SPI2818	>60	74	M	242233	0,00	0,00	0,10	0,13	0,77	>60	VRAI
SPI2818	>60	67	M	232233	0,02	0,00	0,39	0,48	0,12	>40	VRAI
HTH 2662	>60	68	M	232333	0,00	0,00	0,81	0,11	0,09	40-49	FAUX
HTH 1030	>60	75	M	242312	0,00	0,00	0,00	0,02	0,97	>60	VRAI
HTH 2662	>60	63	M	232323	0,00	0,00	0,03	0,03	0,95	>60	VRAI
ALC25	>60	71	M	242312	0,00	0,00	0,00	0,01	0,98	>60	VRAI
SPI2913	>60	75	M	242323	0,00	0,00	0,10	0,20	0,70	>50	VRAI
ALC44	>60	63	M	231332	0,00	0,00	0,00	0,02	0,98	>60	VRAI
SPI2913	>60	72	M	241323	0,00	0,00	0,10	0,13	0,77	>50	VRAI
ALC44	>60	92	M	232322	0,00	0,00	0,11	0,00	0,89	>60	VRAI
ALC61	>60	70	M	232333	0,00	0,00	0,01	0,02	0,97	>60	VRAI
ALC96	>60	67	M	242332	0,00	0,00	0,06	0,12	0,82	>60	VRAI
HTH 2769	>60	71	M	242333	0,00	0,00	0,01	0,02	0,97	>60	VRAI
SPI2538	>60	68	M	231223	0,00	0,00	0,03	0,03	0,95	>60	VRAI
HTH 2769	>60	85	M	242323	0,00	0,02	0,03	0,22	0,73	>50	VRAI
HTH 2314	>60	75	M	232333	0,00	0,00	0,02	0,06	0,92	>60	VRAI
HTH 2326	>60	64	M	222223	0,00	0,00	0,02	0,06	0,91	>60	VRAI
HTH 2326	>60	60	M	222222	0,00	0,00	0,10	0,00	0,90	>60	VRAI
ALC8	>60	61	M	232332	0,00	0,00	0,01	0,03	0,95	>60	VRAI
HTH 1195	>60	72	M	131333	0,00	0,00	0,01	0,03	0,95	>60	VRAI
HTH 1195	>60	75	M	231323	0,00	0,00	0,06	0,12	0,82	>60	VRAI
HTH 2049	>60	63	M	222333	0,00	0,00	0,00	0,02	0,97	>60	VRAI
HTH 2049	>60	63	M	222333	0,00	0,00	0,03	0,09	0,89	>60	VRAI
SPI2063	>60	83	M	242131	0,00	0,00	0,03	0,09	0,89	>60	VRAI
Co448	>60	64	M	242332	0,00	0,00	0,01	0,06	0,93	>60	VRAI
Co448	>60	82	M	242333	0,00	0,00	0,01	0,02	0,97	>60	VRAI

Tableau AV.26 : distribution des probabilités a posteriori des spécimens de l'échantillon test selon le mode 2

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co498	20-29	19	M	121312	0.30	0.35	0.24	0.12	0.00	20-49	VRAI
HTH 0630	20-29	28	M	121312	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2381	20-29	25	M	211112	0.51	0.42	0.07	0.00	0.00	20-39	VRAI
Co299	20-29	22	M	231111	0.30	0.35	0.24	0.12	0.00	20-49	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	211112	0.95	0.03	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	211212	0.85	0.00	0.15	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0862	20-29	26	M	111122	0.30	0.35	0.24	0.12	0.00	20-49	VRAI
HTH 1769	20-29	25	M	111312	0.97	0.02	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2799	20-29	22	M	212212	0.95	0.03	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2720	20-29	23	M	111112	0.85	0.09	0.06	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2720	20-29	29	M	111212	0.07	0.28	0.31	0.29	0.05	30-59	FAUX
HTH 0490	20-29	29	M	121312	0.17	0.67	0.13	0.03	0.00	20-39	VRAI
HTH 1272	20-29	22	M	221112	0.68	0.30	0.03	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 0490	20-29	24	M	122312	0.86	0.11	0.03	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0658	20-29	25	M	211111	0.79	0.19	0.02	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 0288	20-29	26	M	222312	0.63	0.20	0.16	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 0288	20-29	26	M	221212	0.12	0.26	0.35	0.26	0.01	30-59	FAUX
Co14	30-39	30	M	221112	0.63	0.20	0.16	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 0922	30-39	37	M	221222	0.00	0.12	0.28	0.58	0.02	40-59	FAUX
SPI2185	30-39	34	M	111222	0.00	0.80	0.16	0.04	0.00	30-39	VRAI
HTH 0922	30-39	37	M	121112	0.02	0.28	0.21	0.44	0.04	30-59	VRAI
SPI2254	30-39	33	M	121213	0.03	0.64	0.18	0.14	0.01	30-49	VRAI
HTH 1447	30-39	39	M	222223	0.20	0.42	0.23	0.14	0.01	20-49	VRAI
HTH 1051	30-39	39	M	222322	0.30	0.35	0.24	0.12	0.00	20-49	VRAI
HTH 0307	30-39	37	M	211312	0.00	0.11	0.17	0.52	0.20	30-59	VRAI
HTH 0385	30-39	39	M	121332	0.00	0.30	0.13	0.20	0.36	ind	ind
HTH 0812	30-39	34	M	221322	0.00	0.30	0.13	0.20	0.36	ind	ind
Co85	30-39	33	M	222322	0.39	0.53	0.08	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 1150	30-39	39	M	221333	0.26	0.57	0.14	0.03	0.00	20-39	VRAI
Co436	30-39	36	M	221312	0.78	0.18	0.04	0.00	0.00	20-39	VRAI
ALC85	30-39	34	M	121312	0.00	0.11	0.17	0.52	0.20	>40	FAUX
SPI2542	30-39	38	M	222223	0.00	0.09	0.13	0.42	0.36	>40	FAUX
ALC85	30-39	39	M	121212	0.08	0.59	0.24	0.08	0.01	30-49	VRAI
SPI2542	30-39	33	M	222212	0.74	0.13	0.13	0.00	0.00	20-39	VRAI
Co263	40-49	40	M	122322	0.01	0.12	0.23	0.59	0.05	40-59	VRAI
SPI2173	40-49	43	M	211312	0.03	0.05	0.49	0.25	0.18	>40	VRAI
Co28	40-49	42	M	221312	0.08	0.29	0.63	0.00	0.00	30-49	VRAI
HTH 2291	40-49	43	M	222122	0.30	0.35	0.24	0.12	0.00	20-49	VRAI
HTH 0462	40-49	43	M	121112	0.03	0.64	0.18	0.14	0.01	30-49	VRAI
Co237	40-49	42	M	121212	0.74	0.13	0.13	0.00	0.00	20-39	FAUX
HTH 2291	40-49	46	M	232323	0.17	0.67	0.13	0.03	0.00	20-39	FAUX
HTH 0462	40-49	46	M	222112	0.00	0.00	0.02	0.14	0.84	>60	FAUX
HTH 1338	40-49	43	M	231323	0.79	0.00	0.21	0.00	0.00	20-49	VRAI
HTH 3190	40-49	41	M	232312	0.20	0.42	0.23	0.14	0.01	20-49	VRAI
HTH 3190	40-49	42	M	121312	0.26	0.57	0.14	0.03	0.00	20-49	VRAI
HTH 1172	40-49	43	M	221222	0.00	0.29	0.22	0.46	0.04	30-59	VRAI
Co120	40-49	42	M	121121	0.00	0.01	0.05	0.12	0.83	>60	FAUX
HTH 1172	40-49	44	M	121323	0.00	0.09	0.59	0.28	0.04	40-59	VRAI
SPI2556	40-49	49	M	131232	0.00	0.01	0.04	0.21	0.73	>50	FAUX
HTH 3397	40-49	42	M	221212	0.39	0.23	0.38	0.00	0.00	20-49	VRAI
Co44	40-49	42	M	242332	0.00	0.04	0.19	0.28	0.50	>40	VRAI

Tableau AV.26 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2661	40-49	47	M	132232	0.00	0.03	0.45	0.32	0.20	>40	VRAI
Co37	40-49	40	M	222333	0.78	0.18	0.04	0.00	0.00	20-39	FAUX
Co116	50-59	53	M	222333	0.00	0.11	0.22	0.56	0.11	30-59	VRAI
ALC26	50-59	53	M	241322	0.00	0.06	0.08	0.31	0.55	>50	VRAI
HTH 2870	50-59	57	M	221222	0.17	0.67	0.13	0.03	0.00	30-49	FAUX
ALC104	50-59	56	M	221332	0.00	0.09	0.13	0.42	0.36	>40	VRAI
HTH 1399	50-59	52	M	222323	0.00	0.00	0.13	0.48	0.39	>50	VRAI
ALC20	50-59	53	M	132332	0.00	0.01	0.25	0.45	0.29	>40	VRAI
ALC104	50-59	59	M	121322	0.00	0.26	0.16	0.41	0.18	30-59	VRAI
HTH 0197	50-59	52	M	132332	0.03	0.64	0.18	0.14	0.01	30-49	FAUX
ALC20	50-59	59	M	131332	0.00	0.16	0.23	0.35	0.26	>40	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	122322	0.04	0.27	0.25	0.43	0.01	30-59	VRAI
HTH 1531	50-59	57	M	222332	0.00	0.00	0.04	0.23	0.73	>50	VRAI
HTH 2755	50-59	53	M	221333	0.00	0.01	0.25	0.45	0.29	>40	VRAI
HTH 2755	50-59	54	M	122333	0.00	0.03	0.12	0.48	0.37	>40	VRAI
HTH 2649	50-59	58	M	221212	0.03	0.05	0.49	0.25	0.18	>40	VRAI
Co150	50-59	57	M	242322	0.04	0.27	0.25	0.43	0.01	30-59	VRAI
HTH 0430	50-59	57	M	121322	0.00	0.11	0.17	0.53	0.19	30-59	VRAI
HTH 0430	50-59	53	M	122323	0.00	0.02	0.41	0.49	0.08	40-59	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	121322	0.04	0.27	0.25	0.43	0.01	30-59	VRAI
HTH 1019	50-59	50	M	232312	0.00	0.01	0.04	0.21	0.73	>50	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	221323	0.07	0.28	0.31	0.29	0.05	30-59	VRAI
SPI2162	50-59	53	M	222232	0.01	0.12	0.23	0.59	0.05	40-59	VRAI
HTH 1514	50-59	56	M	222312	0.00	0.03	0.13	0.50	0.35	>50	VRAI
Co103	>60	60	M	132333	0.00	0.00	0.10	0.23	0.67	>50	VRAI
SPI2808	>60	66	M	231331	0.00	0.00	0.10	0.22	0.68	>50	VRAI
SPI2363	>60	76	M	222333	0.00	0.00	0.02	0.07	0.91	>60	VRAI
HTH 2977	>60	96	M	232323	0.00	0.00	0.02	0.14	0.84	>60	VRAI
SPI2207	>60	69	M	231332	0.00	0.00	0.05	0.12	0.83	>60	VRAI
ALC70	>60	63	M	232323	0.00	0.02	0.27	0.40	0.31	>40	VRAI
HTH 0912	>60	61	M	222312	0.00	0.01	0.04	0.21	0.73	>50	VRAI
ALC70	>60	71	M	231323	0.00	0.00	0.04	0.23	0.73	>50	VRAI
SPI2419	>60	63	M	232223	0.00	0.01	0.05	0.12	0.83	>60	VRAI
Co336	>60	63	M	242333	0.07	0.28	0.31	0.29	0.05	30-59	FAUX
Co455	>60	83	M	242323	0.00	0.30	0.13	0.20	0.36	ind	ind
SPI2207	>60	70	M	232332	0.00	0.01	0.04	0.21	0.73	>50	VRAI
ALC57	>60	68	M	232333	0.03	0.64	0.18	0.14	0.01	30-49	FAUX
ALC57	>60	85	M	231333	0.00	0.01	0.04	0.21	0.73	>50	VRAI
Co109	>60	71	M	242332	0.00	0.00	0.04	0.23	0.73	>50	VRAI
Co442	>60	66	M	242332	0.00	0.01	0.17	0.31	0.50	>50	VRAI
Co442	>60	68	M	242323	0.00	0.00	0.01	0.06	0.93	>60	VRAI
ALC12	>60	84	M	232332	0.00	0.02	0.27	0.41	0.30	>40	VRAI
HTH 3119	>60	81	M	232322	0.00	0.00	0.00	0.03	0.96	>60	VRAI
ALC12	>60	96	M	222332	0.00	0.00	0.00	0.03	0.96	>60	VRAI
HTH 1545	>60	66	M	131322	0.00	0.03	0.12	0.48	0.37	>50	VRAI
HTH 1545	>60	71	M	232322	0.00	0.00	0.02	0.14	0.84	>60	VRAI
HTH 2877	>60	63	M	221222	0.00	0.04	0.19	0.28	0.50	>40	VRAI
Co108	>60	64	M	242323	0.00	0.00	0.02	0.07	0.91	>60	VRAI
HTH 2877	>60	65	M	131213	0.00	0.00	0.02	0.14	0.84	>60	VRAI
HTH 2163	>60	81	M	232223	0.00	0.18	0.31	0.18	0.33	>40	VRAI

Tableau AV.26 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2917	>60	78	M	241233	0.00	0.00	0.02	0.14	0.84	>60	VRAI
SPI2182	>60	83	M	222333	0.01	0.40	0.22	0.27	0.11	30-59	FAUX
SPI2182	>60	81	M	232333	0.00	0.00	0.01	0.06	0.93	>60	VRAI
HTH 2071	>60	65	M	242322	0.00	0.00	0.01	0.06	0.93	>60	VRAI
Co391	>60	72	M	242322	0.00	0.00	0.02	0.07	0.91	>60	VRAI
Co391	>60	84	M	242332	0.00	0.04	0.19	0.28	0.50	>50	VRAI
SPI2818	>60	74	M	242233	0.00	0.00	0.21	0.33	0.46	>40	VRAI
SPI2818	>60	67	M	232233	0.02	0.06	0.45	0.43	0.04	40-59	FAUX
HTH 2662	>60	68	M	232333	0.00	0.35	0.56	0.08	0.01	30-49	FAUX
HTH 1030	>60	75	M	242312	0.00	0.00	0.01	0.06	0.93	>60	VRAI
HTH 2662	>60	63	M	232323	0.00	0.03	0.12	0.10	0.74	>50	VRAI
ALC25	>60	71	M	242312	0.00	0.00	0.01	0.03	0.96	>60	VRAI
SPI2913	>60	75	M	242323	0.00	0.02	0.27	0.40	0.31	>40	VRAI
ALC44	>60	63	M	231332	0.00	0.00	0.00	0.03	0.96	>60	VRAI
SPI2913	>60	72	M	241323	0.00	0.00	0.21	0.33	0.46	>40	VRAI
ALC44	>60	92	M	232322	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	40-49	FAUX
ALC61	>60	70	M	232333	0.00	0.00	0.02	0.07	0.91	>60	VRAI
ALC96	>60	67	M	242332	0.00	0.01	0.17	0.31	0.50	>50	VRAI
HTH 2769	>60	71	M	242333	0.00	0.01	0.06	0.06	0.88	>60	VRAI
SPI2538	>60	68	M	231223	0.00	0.03	0.12	0.10	0.74	>50	VRAI
HTH 2769	>60	85	M	242323	0.00	0.01	0.04	0.21	0.73	>50	VRAI
HTH 2314	>60	75	M	232333	0.00	0.00	0.05	0.21	0.75	>50	VRAI
HTH 2326	>60	64	M	222223	0.00	0.01	0.11	0.20	0.69	>50	VRAI
HTH 2326	>60	60	M	222222	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	40-49	FAUX
ALC8	>60	61	M	232332	0.00	0.01	0.05	0.12	0.83	>60	VRAI
HTH 1195	>60	72	M	131333	0.00	0.01	0.05	0.12	0.83	>60	VRAI
HTH 1195	>60	75	M	231323	0.00	0.01	0.17	0.31	0.50	>50	VRAI
HTH 2049	>60	63	M	222333	0.00	0.00	0.01	0.06	0.93	>60	VRAI
HTH 2049	>60	63	M	222333	0.00	0.00	0.10	0.22	0.68	>50	VRAI
SPI2063	>60	83	M	242131	0.00	0.00	0.10	0.22	0.68	>50	VRAI
Co448	>60	64	M	242332	0.00	0.00	0.02	0.14	0.84	>60	VRAI
Co448	>60	82	M	242333	0.00	0.00	0.02	0.07	0.91	>60	VRAI

9 SSPI+SPU+CO⁴ : surface sacro-pelvienne iliaque associée à la symphyse pubienne et l'extrémité sternale de la quatrième côte

Tableau AV.27 : : matrice de contingence par classes d'âge et par score de l'échantillon de référence de SSPI+SPU+CO⁴, selon une distribution conforme à une espérance de vie à la naissance de 30 ans (e0=30 ans)

SPUA	classe d'âge	SPUA1	SPUA2	SPUA3	total	
	20-29	4	11	2	17	
	30-39	0	7	10	17	
	40-49	0	2	17	19	
	50-59	1	4	17	22	
	>60	0	3	55	58	
SPUB	classe d'âge	SPUB1	SPUB2	SPUB3	total	
	20-29	9	4	4	17	
	30-39	0	5	12	17	
	40-49	1	3	15	19	
	50-59	0	4	18	22	
	>60	0	14	44	58	
SPUC	classe d'âge	SPUC1	SPUC2	total		
	20-29	10	7	17		
	30-39	12	4	17		
	40-49	14	5	19		
	50-59	10	12	22		
	>60	31	27	58		
SSPIA	classe d'âge	SSPIA1	SSPIA2	SSPIA3	SSPIA4	total
	20-29	8	9	17		
	30-39	6	11	17		
	40-49	8	11	19		
	50-59	9	13	22		
	>60	4	54	58		
SSPIB	classe d'âge	SSPIB1	SSPIB2	SSPIB3	SSPIB4	total
	20-29	9	7	1	0	17
	30-39	2	15	0	0	17
	40-49	1	12	5	1	19
	50-59	0	16	4	2	22
	>60	0	9	28	21	58
SSPIC	classe d'âge	SSPIC1	SSPIC2	total		
	20-29	14	3	17		
	30-39	12	5	17		
	40-49	11	8	19		
	50-59	10	12	22		
	>60	13	45	58		
SSPID	classe d'âge	SSPID1	SSPID2	total		
	20-29	15	2	17		
	30-39	11	6	17		
	40-49	15	4	19		
	50-59	7	15	22		
	>60	11	47	58		
CO4A	classe d'âge	CO4A1	CO4A2	CO4A3	total	
	20-29	7	4	6	17	
	30-39	2	7	8	17	
	40-49	4	5	10	19	
	50-59	0	3	19	22	
	>60	1	10	47	58	
CO4B	classe d'âge	CO4B1	CO4B2	CO4B3	total	
	20-29	16	1	0	17	
	30-39	8	7	2	17	
	40-49	8	7	4	19	
	50-59	3	10	9	22	
	>60	4	23	31	58	
CO4C	classe d'âge	CO4C1	CO4C2	CO4C3	total	
	20-29	2	15	0	17	
	30-39	0	13	4	17	
	40-49	1	14	4	19	
	50-59	0	16	6	22	
	>60	2	22	34	58	

Tableau AV.28 : : matrice de contingence par classes d'âge et par score de l'échantillon de référence de SSPI+SPU+CO⁴, selon une distribution uniforme

SPUA	classe d'âge	SPUA1	SPUA2	SPUA3	total	
	20-29	4	14	2	20	
	30-39	0	9	11	20	
	40-49	0	2	18	20	
	50-59	1	4	15	20	
	>60	0	1	19	20	
SPUB	classe d'âge	SPUB1	SPUB2	SPUB3	total	
	20-29	11	5	4	20	
	30-39	0	7	13	20	
	40-49	1	3	16	20	
	50-59	0	4	16	20	
	>60	0	6	14	20	
SPUC	classe d'âge	SPUC1	SPUC2	total		
	20-29	13	7	20		
	30-39	15	5	20		
	40-49	15	5	20		
	50-59	10	10	20		
	>60	12	8	20		
SSPIA	classe d'âge	SSPIA1	SSPIA2	SSPIA3	SSPIA4	total
	20-29	10	10	20		
	30-39	7	13	20		
	40-49	8	12	20		
	50-59	7	13	20		
	>60	2	18	20		
SSPIB	classe d'âge	SSPIB1	SSPIB2	SSPIB3	SSPIB4	total
	20-29	12	7	1	0	20
	30-39	3	16	1	0	20
	40-49	1	12	6	1	20
	50-59	0	14	4	2	20
	>60	0	6	7	7	20
SSPIC	classe d'âge	SSPIC1	SSPIC2	total		
	20-29	17	3	20		
	30-39	15	5	20		
	40-49	12	8	20		
	50-59	10	10	20		
	>60	4	16	20		
SSPID	classe d'âge	SSPID1	SSPID2	total		
	20-29	18	2	20		
	30-39	11	9	20		
	40-49	16	4	20		
	50-59	7	13	20		
	>60	4	16	20		
CO4A	classe d'âge	CO4A1	CO4A2	CO4A3	total	
	20-29	10	4	6	20	
	30-39	2	10	8	20	
	40-49	4	5	11	20	
	50-59	0	3	17	20	
	>60	0	3	17	20	
CO4B	classe d'âge	CO4B1	CO4B2	CO4B3	total	
	20-29	18	2	0	20	
	30-39	11	7	2	20	
	40-49	8	7	5	20	
	50-59	3	9	8	20	
	>60	1	7	12	20	
CO4C	classe d'âge	CO4C1	CO4C2	CO4C3	total	
	20-29	5	15	0	20	
	30-39	0	15	5	20	
	40-49	1	15	4	20	
	50-59	0	15	5	20	
	>60	0	8	12	20	

Tableau AV.29 : distribution des probabilités a posteriori des spécimens de l'échantillon test selon le mode 1

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co498	20-29	19	M	1111211312	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0630	20-29	22	M	3311211312	0.03	0.34	0.56	0.07	0.00	30-49	FAUX
SPI2381	20-29	22	M	1112111112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
Co299	20-29	22	M	1112311111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	2112111112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	1112111212	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0862	20-29	23	M	2111111122	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 1769	20-29	24	M	2211111312	0.94	0.05	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2799	20-29	25	M	3322122212	0.07	0.66	0.27	0.00	0.00	30-49	FAUX
SPI2720	20-29	25	M	2121111112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2720	20-29	25	M	2121111212	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0490	20-29	26	M	221211312	0.61	0.34	0.04	0.01	0.00	20-39	VRAI
HTH 1272	20-29	26	M	2222211112	0.90	0.08	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0490	20-29	26	M	2221222312	0.16	0.33	0.04	0.47	0.01	30-59	FAUX
HTH 0658	20-29	28	M	2112111111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0288	20-29	29	M	2322221312	0.20	0.41	0.16	0.22	0.01	ind	ind
HTH 0288	20-29	29	M	2322211212	0.39	0.53	0.07	0.02	0.00	20-39	VRAI
Co14	30-39	30	M	3212211112	0.25	0.39	0.36	0.00	0.00	20-49	VRAI
HTH 0922	30-39	33	M	2212212222	0.01	0.89	0.02	0.07	0.01	30-39	VRAI
SPI2185	30-39	33	M	3321112222	0.02	0.75	0.23	0.00	0.00	30-49	VRAI
HTH 0922	30-39	33	M	2212121112	0.65	0.32	0.03	0.00	0.00	20-39	VRAI
SPI2254	30-39	34	M	3311211213	0.00	0.52	0.45	0.02	0.00	30-49	VRAI
HTH 1447	30-39	34	M	3312221223	0.00	0.30	0.34	0.11	0.26	ind	ind
HTH 1051	30-39	34	M	3322221322	0.00	0.09	0.21	0.54	0.17	>40	FAUX
HTH 0307	30-39	36	M	2212112312	0.72	0.28	0.01	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 0385	30-39	37	M	2321212332	0.00	0.08	0.02	0.89	0.01	50-59	FAUX
HTH 0812	30-39	37	M	3312211322	0.00	0.35	0.42	0.20	0.03	30-59	VRAI
Co85	30-39	37	M	3212221322	0.00	0.29	0.30	0.26	0.16	30-59	VRAI
HTH 1150	30-39	38	M	3322212333	0.00	0.01	0.02	0.42	0.55	>50	FAUX
Co436	30-39	39	M	2312211312	0.27	0.58	0.12	0.03	0.00	20-39	VRAI
ALC85	30-39	39	M	2311211312	0.36	0.48	0.13	0.03	0.00	20-39	VRAI
SPI2542	30-39	39	M	3312221223	0.00	0.30	0.34	0.11	0.26	ind	ind
ALC85	30-39	39	M	2311211212	0.33	0.58	0.09	0.01	0.00	20-39	VRAI
SPI2542	30-39	39	M	3312221212	0.01	0.43	0.52	0.03	0.01	30-49	VRAI
Co263	40-49	40	M	2111221322	0.66	0.00	0.34	0.00	0.00	20-49	VRAI
SPI2173	40-49	40	M	2222111312	0.95	0.04	0.00	0.00	0.00	20-29	FAUX
Co28	40-49	41	M	3312211312	0.02	0.41	0.50	0.06	0.01	30-49	VRAI
HTH 2291	40-49	42	M	3322221122	0.00	0.21	0.76	0.00	0.03	30-49	VRAI
HTH 0462	40-49	42	M	3311211112	0.11	0.25	0.65	0.00	0.00	30-49	VRAI
Co237	40-49	42	M	3311211212	0.04	0.49	0.46	0.02	0.00	30-49	VRAI
HTH 2291	40-49	42	M	3322321323	0.00	0.00	0.03	0.06	0.91	>60	FAUX
HTH 0462	40-49	42	M	3312221112	0.03	0.22	0.75	0.00	0.00	30-49	VRAI
HTH 1338	40-49	42	M	3312312323	0.00	0.00	0.02	0.06	0.92	>60	FAUX
HTH 3190	40-49	43	M	3312321312	0.00	0.00	0.66	0.08	0.25	>40	VRAI
HTH 3190	40-49	43	M	3311211312	0.03	0.34	0.56	0.07	0.00	30-49	VRAI
HTH 1172	40-49	43	M	3322211222	0.00	0.46	0.34	0.17	0.03	30-49	VRAI
Co120	40-49	43	M	3311211121	0.02	0.00	0.98	0.00	0.00	40-49	VRAI
HTH 1172	40-49	43	M	3321211323	0.00	0.17	0.27	0.54	0.03	30-59	VRAI
SPI2556	40-49	44	M	3211312232	0.00	0.00	0.28	0.34	0.39	>40	VRAI
HTH 3397	40-49	46	M	3312211212	0.03	0.56	0.39	0.02	0.00	30-49	VRAI

Tableau AV.29 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co44	40-49	46	M	3312421332	0.00	0.00	0.04	0.07	0.89	>60	FAUX
SPI2661	40-49	47	M	3211322232	0.00	0.00	0.11	0.21	0.69	>50	FAUX
Co37	40-49	49	M	3312222333	0.00	0.01	0.01	0.16	0.83	>60	FAUX
Co116	50-59	50	M	3212222333	0.00	0.01	0.01	0.12	0.87	>60	FAUX
ALC26	50-59	52	M	2222411322	0.00	0.00	0.10	0.54	0.36	>50	VRAI
HTH 2870	50-59	52	M	3312211222	0.00	0.55	0.38	0.06	0.01	30-49	FAUX
ALC104	50-59	53	M	3312212332	0.00	0.08	0.10	0.57	0.25	>50	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	3322222323	0.00	0.01	0.01	0.28	0.71	>50	VRAI
ALC20	50-59	53	M	3321322332	0.00	0.00	0.02	0.44	0.54	>50	VRAI
ALC104	50-59	53	M	3311212322	0.00	0.21	0.17	0.61	0.02	30-59	VRAI
HTH 0197	50-59	53	M	3321322332	0.00	0.00	0.02	0.44	0.54	>50	VRAI
ALC20	50-59	53	M	3321312332	0.00	0.00	0.06	0.66	0.28	>50	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	3321222322	0.00	0.03	0.04	0.87	0.06	50-59	VRAI
HTH 1531	50-59	54	M	3312222332	0.00	0.02	0.04	0.41	0.53	>50	VRAI
HTH 2755	50-59	56	M	3222212333	0.00	0.02	0.01	0.33	0.64	>50	VRAI
HTH 2755	50-59	56	M	3321222333	0.00	0.01	0.02	0.69	0.28	>50	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	3312211212	0.03	0.56	0.39	0.02	0.00	30-49	FAUX
Co150	50-59	57	M	1312421322	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	50-59	VRAI
HTH 0430	50-59	57	M	2311212322	0.01	0.47	0.06	0.46	0.00	30-59	VRAI
HTH 0430	50-59	57	M	2321222323	0.00	0.07	0.02	0.86	0.05	50-59	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	2311212322	0.01	0.47	0.06	0.46	0.00	30-59	VRAI
HTH 1019	50-59	58	M	3212321312	0.01	0.00	0.57	0.08	0.34	>40	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	3322211323	0.00	0.17	0.21	0.43	0.19	>40	VRAI
SPI2162	50-59	59	M	3322221232	0.00	0.11	0.29	0.37	0.23	>40	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	3322222312	0.00	0.09	0.11	0.59	0.21	>50	VRAI
Co103	>60	60	M	3311322333	0.00	0.00	0.02	0.12	0.86	>60	VRAI
SPI2808	>60	60	M	3312312331	0.00	0.00	0.04	0.00	0.96	>60	VRAI
SPI2363	>60	61	M	3212222333	0.00	0.01	0.01	0.12	0.87	>60	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	3222322323	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
SPI2207	>60	63	M	3212311332	0.00	0.00	0.29	0.14	0.57	>50	VRAI
ALC70	>60	63	M	3322322323	0.00	0.00	0.00	0.03	0.97	>60	VRAI
HTH 0912	>60	63	M	3312222312	0.00	0.22	0.23	0.37	0.19	30-59	FAUX
ALC70	>60	63	M	3312312323	0.00	0.00	0.02	0.06	0.92	>60	VRAI
SPI2419	>60	63	M	3312322223	0.00	0.00	0.01	0.02	0.97	>60	VRAI
Co336	>60	63	M	3322421333	0.00	0.00	0.00	0.03	0.97	>60	VRAI
Co455	>60	63	M	3312422323	0.00	0.00	0.00	0.01	0.98	>60	VRAI
SPI2207	>60	63	M	3222322332	0.00	0.00	0.00	0.06	0.94	>60	VRAI
ALC57	>60	64	M	3322322333	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
ALC57	>60	64	M	3322312333	0.00	0.00	0.00	0.06	0.94	>60	VRAI
Co109	>60	64	M	3212421332	0.00	0.00	0.03	0.05	0.92	>60	VRAI
Co442	>60	65	M	3312422332	0.00	0.00	0.00	0.04	0.96	>60	VRAI
Co442	>60	65	M	3212421323	0.00	0.00	0.01	0.02	0.97	>60	VRAI
ALC12	>60	66	M	3322322332	0.00	0.00	0.00	0.08	0.92	>60	VRAI
HTH 3119	>60	66	M	2312322322	0.00	0.00	0.04	0.28	0.68	>50	VRAI
ALC12	>60	66	M	3322222332	0.00	0.01	0.02	0.51	0.47	>50	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	2311312322	0.01	0.00	0.17	0.75	0.07	40-59	FAUX
HTH 1545	>60	67	M	2312322322	0.00	0.00	0.04	0.28	0.68	>50	VRAI
HTH 2877	>60	68	M	3222212222	0.00	0.43	0.08	0.34	0.14	30-59	FAUX
Co108	>60	68	M	3212422323	0.00	0.00	0.00	0.01	0.99	>60	VRAI

Tableau AV.29 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
HTH 2877	>60	68	M	3221312213	0.00	0.00	0.33	0.29	0.38	>40	VRAI
HTH 2163	>60	68	M	3312322223	0.00	0.00	0.01	0.02	0.97	>60	VRAI
SPI2917	>60	69	M	3322412233	0.00	0.00	0.00	0.03	0.97	>60	VRAI
SPI2182	>60	70	M	3322222333	0.00	0.00	0.00	0.21	0.79	>50	VRAI
SPI2182	>60	70	M	3322322333	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
HTH 2071	>60	71	M	3212422322	0.00	0.00	0.00	0.04	0.96	>60	VRAI
Co391	>60	71	M	3212421322	0.00	0.00	0.06	0.08	0.87	>60	VRAI
Co391	>60	71	M	3312421332	0.00	0.00	0.04	0.07	0.89	>60	VRAI
SPI2818	>60	71	M	3322422233	0.00	0.00	0.00	0.01	0.99	>60	VRAI
SPI2818	>60	71	M	3322322233	0.00	0.00	0.00	0.02	0.99	>60	VRAI
HTH 2662	>60	72	M	3212322333	0.00	0.00	0.00	0.01	0.99	>60	VRAI
HTH 1030	>60	72	M	3322422312	0.00	0.00	0.02	0.13	0.86	>60	VRAI
HTH 2662	>60	72	M	3312322323	0.00	0.00	0.00	0.02	0.97	>60	VRAI
ALC25	>60	74	M	3312421312	0.00	0.00	0.37	0.11	0.52	>40	VRAI
SPI2913	>60	75	M	3222422323	0.00	0.00	0.00	0.01	0.99	>60	VRAI
ALC44	>60	75	M	3312312332	0.00	0.00	0.04	0.15	0.81	>60	VRAI
SPI2913	>60	75	M	3222412323	0.00	0.00	0.00	0.04	0.96	>60	VRAI
ALC44	>60	75	M	3322322322	0.00	0.00	0.01	0.11	0.88	>60	VRAI
ALC61	>60	76	M	3322322333	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
ALC96	>60	78	M	3312422332	0.00	0.00	0.00	0.04	0.96	>60	VRAI
HTH 2769	>60	81	M	3322421333	0.00	0.00	0.00	0.03	0.97	>60	VRAI
SPI2538	>60	81	M	3312312223	0.00	0.00	0.05	0.04	0.91	>60	VRAI
HTH 2769	>60	81	M	3312422323	0.00	0.00	0.00	0.01	0.98	>60	VRAI
HTH 2314	>60	82	M	3322321333	0.00	0.00	0.01	0.04	0.95	>60	VRAI
HTH 2326	>60	83	M	3312221223	0.00	0.30	0.34	0.11	0.26	ind	ind
HTH 2326	>60	83	M	3312221222	0.00	0.37	0.45	0.11	0.06	30-49	FAUX
ALC8	>60	83	M	3322322332	0.00	0.00	0.00	0.08	0.92	>60	VRAI
HTH 1195	>60	84	M	3321312333	0.00	0.00	0.02	0.35	0.62	>50	VRAI
HTH 1195	>60	84	M	3322312323	0.00	0.00	0.01	0.08	0.91	>60	VRAI
HTH 2049	>60	85	M	3312222333	0.00	0.01	0.01	0.16	0.83	>60	VRAI
HTH 2049	>60	85	M	3322222333	0.00	0.00	0.00	0.21	0.79	>50	VRAI
SPI2063	>60	92	M	3322422131	0.00	0.00	0.02	0.00	0.98	>60	VRAI
Co448	>60	96	M	3312422332	0.00	0.00	0.00	0.04	0.96	>60	VRAI
Co448	>60	96	M	3312422333	0.00	0.00	0.00	0.01	0.99	>60	VRAI

Tableau AV.30 : distribution des probabilités a posteriori des spécimens de l'échantillon
selon le mode 2

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co498	20-29	19	M	1111211312	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0630	20-29	22	M	3311211312	0.02	0.30	0.60	0.07	0.00	30-49	FAUX
SPI2381	20-29	22	M	1112111112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
Co299	20-29	22	M	1112311111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	2112111112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	1112111212	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0862	20-29	23	M	2111111122	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 1769	20-29	24	M	2211111312	0.92	0.07	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2799	20-29	25	M	3322122212	0.02	0.85	0.14	0.00	0.00	30-39	FAUX
SPI2720	20-29	25	M	2121111112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2720	20-29	25	M	2121111212	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0490	20-29	26	M	2211211312	0.55	0.40	0.04	0.01	0.00	20-39	VRAI
HTH 1272	20-29	26	M	2222211112	0.88	0.11	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0490	20-29	26	M	2221222312	0.08	0.51	0.03	0.38	0.00	30-59	FAUX
HTH 0658	20-29	28	M	2112111111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0288	20-29	29	M	2322221312	0.11	0.41	0.18	0.29	0.00	30-59	FAUX
HTH 0288	20-29	29	M	2322211212	0.20	0.72	0.06	0.02	0.00	20-39	VRAI
Co14	30-39	30	M	3212211112	0.24	0.42	0.34	0.00	0.00	20-49	VRAI
HTH 0922	30-39	33	M	2212212222	0.01	0.93	0.01	0.05	0.00	30-39	VRAI
SPI2185	30-39	33	M	3321112222	0.01	0.87	0.12	0.00	0.00	30-39	VRAI
HTH 0922	30-39	33	M	2211212112	0.54	0.44	0.02	0.00	0.00	20-39	VRAI
SPI2254	30-39	34	M	3311211213	0.00	0.62	0.36	0.02	0.00	30-49	VRAI
HTH 1447	30-39	34	M	3312221223	0.00	0.29	0.38	0.14	0.19	30-59	VRAI
HTH 1051	30-39	34	M	3322221322	0.00	0.06	0.25	0.58	0.12	>40	FAUX
HTH 0307	30-39	36	M	2212112312	0.48	0.52	0.01	0.00	0.00	20-39	VRAI
HTH 0385	30-39	37	M	2321212332	0.00	0.11	0.03	0.85	0.01	30-59	VRAI
HTH 0812	30-39	37	M	3312211322	0.00	0.22	0.50	0.25	0.02	30-59	VRAI
Co85	30-39	37	M	3212221322	0.00	0.20	0.31	0.32	0.16	30-59	VRAI
HTH 1150	30-39	38	M	3322212333	0.00	0.02	0.03	0.49	0.46	>50	FAUX
Co436	30-39	39	M	2312211312	0.20	0.62	0.14	0.05	0.00	20-39	VRAI
ALC85	30-39	39	M	2311211312	0.30	0.52	0.14	0.04	0.00	20-39	VRAI
SPI2542	30-39	39	M	3312221223	0.00	0.29	0.38	0.14	0.19	30-59	VRAI
ALC85	30-39	39	M	2311211212	0.22	0.70	0.07	0.01	0.00	20-39	VRAI
SPI2542	30-39	39	M	3312221212	0.00	0.43	0.51	0.04	0.01	30-49	VRAI
Co263	40-49	40	M	2111221322	0.76	0.00	0.24	0.00	0.00	20-49	VRAI
SPI2173	40-49	40	M	2222111312	0.91	0.08	0.00	0.00	0.00	20-29	FAUX
Co28	40-49	41	M	3312211312	0.01	0.35	0.56	0.08	0.00	30-49	VRAI
HTH 2291	40-49	42	M	3322221122	0.00	0.13	0.86	0.00	0.00	40-49	VRAI
HTH 0462	40-49	42	M	3311211112	0.11	0.23	0.67	0.00	0.00	20-49	VRAI
Co237	40-49	42	M	3311211212	0.02	0.56	0.41	0.02	0.00	30-49	VRAI
HTH 2291	40-49	42	M	3322321323	0.00	0.00	0.12	0.19	0.69	>50	FAUX
HTH 0462	40-49	42	M	3312221112	0.02	0.17	0.81	0.00	0.00	40-49	VRAI
HTH 1338	40-49	42	M	3312312323	0.00	0.02	0.08	0.23	0.67	>50	FAUX
HTH 3190	40-49	43	M	3312321312	0.00	0.03	0.81	0.10	0.05	40-49	VRAI
HTH 3190	40-49	43	M	3311211312	0.02	0.30	0.60	0.07	0.00	30-49	VRAI
HTH 1172	40-49	43	M	3322211222	0.00	0.43	0.35	0.21	0.01	30-59	VRAI
Co120	40-49	43	M	3311211121	0.09	0.00	0.91	0.00	0.00	40-49	VRAI
HTH 1172	40-49	43	M	3321211323	0.00	0.15	0.33	0.50	0.02	40-59	VRAI
SPI2556	40-49	44	M	3211312232	0.00	0.15	0.32	0.36	0.16	30-59	VRAI
HTH 3397	40-49	46	M	3312211212	0.01	0.61	0.36	0.02	0.00	30-49	VRAI
Co44	40-49	46	M	3312421332	0.00	0.00	0.10	0.16	0.75	>50	FAUX

Tableau AV.30 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2661	40-49	47	M	3211322232	0.00	0.04	0.17	0.28	0.51	>40	FAUX
Co37	40-49	49	M	3312222333	0.00	0.01	0.02	0.15	0.83	>60	FAUX
Co116	50-59	50	M	3212222333	0.00	0.01	0.01	0.09	0.89	>60	FAUX
ALC26	50-59	52	M	2222411322	0.00	0.00	0.09	0.80	0.11	50-59	VRAI
HTH 2870	50-59	52	M	3312211222	0.00	0.51	0.41	0.08	0.01	30-49	FAUX
ALC104	50-59	53	M	3312212332	0.00	0.08	0.13	0.61	0.19	>50	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	3322222323	0.00	0.01	0.02	0.33	0.64	>50	VRAI
ALC20	50-59	53	M	3321322332	0.00	0.00	0.06	0.56	0.39	>50	VRAI
ALC104	50-59	53	M	3311212322	0.00	0.22	0.19	0.57	0.02	30-59	VRAI
HTH 0197	50-59	53	M	3321322332	0.00	0.00	0.06	0.56	0.39	>50	VRAI
ALC20	50-59	53	M	3321312332	0.00	0.01	0.12	0.75	0.13	40-59	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	3321222322	0.00	0.04	0.06	0.83	0.07	50-59	VRAI
HTH 1531	50-59	54	M	3312222332	0.00	0.02	0.06	0.41	0.51	>50	VRAI
HTH 2755	50-59	56	M	3222212333	0.00	0.03	0.02	0.37	0.59	>50	VRAI
HTH 2755	50-59	56	M	3321222333	0.00	0.01	0.03	0.55	0.42	>50	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	3312211212	0.01	0.61	0.36	0.02	0.00	30-49	FAUX
Co150	50-59	57	M	1312421322	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	50-59	VRAI
HTH 0430	50-59	57	M	2311212322	0.01	0.51	0.06	0.43	0.00	30-59	VRAI
HTH 0430	50-59	57	M	2321222323	0.00	0.11	0.02	0.81	0.06	50-59	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	2311212322	0.01	0.51	0.06	0.43	0.00	30-59	VRAI
HTH 1019	50-59	58	M	3212321312	0.01	0.08	0.69	0.12	0.11	40-59	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	3322211323	0.00	0.14	0.26	0.49	0.11	30-59	VRAI
SPI2162	50-59	59	M	3322221232	0.00	0.09	0.36	0.40	0.15	>40	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	3322222312	0.00	0.13	0.13	0.63	0.12	30-59	VRAI
Co103	>60	60	M	3311322333	0.00	0.00	0.04	0.17	0.79	>50	VRAI
SPI2808	>60	60	M	3312312331	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	40-49	FAUX
SPI2363	>60	61	M	3212222333	0.00	0.01	0.01	0.09	0.89	>60	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	3222322323	0.00	0.00	0.00	0.07	0.93	>60	VRAI
SPI2207	>60	63	M	3212311332	0.00	0.03	0.49	0.24	0.24	>40	VRAI
ALC70	>60	63	M	3322322323	0.00	0.00	0.01	0.11	0.88	>60	VRAI
HTH 0912	>60	63	M	3312222312	0.00	0.25	0.24	0.40	0.11	30-59	FAUX
ALC70	>60	63	M	3312312323	0.00	0.02	0.08	0.23	0.67	>50	VRAI
SPI2419	>60	63	M	3312322223	0.00	0.01	0.05	0.07	0.87	>60	VRAI
Co336	>60	63	M	3322421333	0.00	0.00	0.01	0.07	0.92	>60	VRAI
Co455	>60	63	M	3312422323	0.00	0.00	0.00	0.04	0.96	>60	VRAI
SPI2207	>60	63	M	3222322332	0.00	0.00	0.01	0.15	0.84	>60	VRAI
ALC57	>60	64	M	3322322333	0.00	0.00	0.00	0.06	0.94	>60	VRAI
ALC57	>60	64	M	3322312333	0.00	0.00	0.02	0.20	0.78	>50	VRAI
Co109	>60	64	M	3212421332	0.00	0.00	0.05	0.11	0.85	>60	VRAI
Co442	>60	65	M	3312422332	0.00	0.00	0.01	0.09	0.91	>60	VRAI
Co442	>60	65	M	3212421323	0.00	0.00	0.02	0.05	0.93	>60	VRAI
ALC12	>60	66	M	3322322332	0.00	0.00	0.02	0.22	0.76	>50	VRAI
HTH 3119	>60	66	M	2312322322	0.00	0.05	0.07	0.58	0.30	>50	VRAI
ALC12	>60	66	M	3322222332	0.00	0.01	0.03	0.53	0.44	>50	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	2311312322	0.01	0.17	0.16	0.65	0.02	>40	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	2312322322	0.00	0.05	0.07	0.58	0.30	>50	VRAI
HTH 2877	>60	68	M	3222212222	0.00	0.59	0.05	0.30	0.06	30-59	FAUX
Co108	>60	68	M	3212422323	0.00	0.00	0.00	0.02	0.97	>60	VRAI
HTH 2877	>60	68	M	3221312213	0.00	0.47	0.23	0.23	0.07	30-59	FAUX
HTH 2163	>60	68	M	3312322223	0.00	0.01	0.05	0.07	0.87	>60	VRAI
SPI2917	>60	69	M	3322412233	0.00	0.00	0.01	0.12	0.88	>60	VRAI

Tableau AV.30 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
SPI2182	>60	70	M	3322222333	0.00	0.00	0.01	0.21	0.78	>50	VRAI
SPI2182	>60	70	M	3322322333	0.00	0.00	0.00	0.06	0.94	>60	VRAI
HTH 2071	>60	71	M	3212422322	0.00	0.00	0.01	0.10	0.89	>60	VRAI
Co391	>60	71	M	3212421322	0.00	0.00	0.10	0.17	0.73	>50	VRAI
Co391	>60	71	M	3312421332	0.00	0.00	0.10	0.16	0.75	>50	VRAI
SPI2818	>60	71	M	3322422233	0.00	0.00	0.00	0.03	0.97	>60	VRAI
SPI2818	>60	71	M	3322322233	0.00	0.00	0.01	0.06	0.93	>60	VRAI
HTH 2662	>60	72	M	3212322333	0.00	0.00	0.00	0.02	0.97	>60	VRAI
HTH 1030	>60	72	M	3322422312	0.00	0.00	0.04	0.38	0.57	>50	VRAI
HTH 2662	>60	72	M	3312322323	0.00	0.00	0.02	0.08	0.90	>60	VRAI
ALC25	>60	74	M	3312421312	0.00	0.00	0.56	0.21	0.22	>40	VRAI
SPI2913	>60	75	M	3222422323	0.00	0.00	0.00	0.04	0.96	>60	VRAI
ALC44	>60	75	M	3312312332	0.00	0.01	0.14	0.38	0.48	>40	VRAI
SPI2913	>60	75	M	3222412323	0.00	0.00	0.00	0.13	0.87	>60	VRAI
ALC44	>60	75	M	3322322322	0.00	0.00	0.04	0.35	0.61	>50	VRAI
ALC61	>60	76	M	3322322333	0.00	0.00	0.00	0.06	0.94	>60	VRAI
ALC96	>60	78	M	3312422332	0.00	0.00	0.01	0.09	0.91	>60	VRAI
HTH 2769	>60	81	M	3322421333	0.00	0.00	0.01	0.07	0.92	>60	VRAI
SPI2538	>60	81	M	3312312223	0.00	0.11	0.17	0.18	0.54	>40	VRAI
HTH 2769	>60	81	M	3312422323	0.00	0.00	0.00	0.04	0.96	>60	VRAI
HTH 2314	>60	82	M	3322321333	0.00	0.00	0.06	0.12	0.83	>60	VRAI
HTH 2326	>60	83	M	3312221223	0.00	0.29	0.38	0.14	0.19	30-59	FAUX
HTH 2326	>60	83	M	3312221222	0.00	0.31	0.50	0.15	0.04	30-49	FAUX
ALC8	>60	83	M	3322322332	0.00	0.00	0.02	0.22	0.76	>50	VRAI
HTH 1195	>60	84	M	3321312333	0.00	0.00	0.06	0.52	0.41	>50	VRAI
HTH 1195	>60	84	M	3322312323	0.00	0.01	0.04	0.32	0.63	>50	VRAI
HTH 2049	>60	85	M	3312222333	0.00	0.01	0.02	0.15	0.83	>60	VRAI
HTH 2049	>60	85	M	3322222333	0.00	0.00	0.01	0.21	0.78	>50	VRAI
SPI2063	>60	92	M	3322422131	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	40-49	FAUX
Co448	>60	96	M	3312422332	0.00	0.00	0.01	0.09	0.91	>60	VRAI
Co448	>60	96	M	3312422333	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI

10 SSPI-TI+SPU+CO⁴ : surface sacro-pelvienne iliaque sans la tubérosité iliaque, associée à la symphyse pubienne et à l'extrémité sternale de la quatrième côte

Tableau AV.31 : distribution des probabilités *a posteriori* des spécimens de l'échantillon test pour SSPI+SPU+CO⁴

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co498	20-29	19	M	111121312	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0630	20-29	22	M	331121312	0.02	0.36	0.48	0.14	0.00	30-49	FAUX
SPI2381	20-29	22	M	111211112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
Co299	20-29	22	M	111231111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	211211112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	111211212	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0862	20-29	23	M	211111122	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 1769	20-29	24	M	221111312	0.92	0.07	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2799	20-29	25	M	332212212	0.17	0.50	0.33	0.00	0.00	20-49	VRAI
SPI2720	20-29	25	M	212111112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2720	20-29	25	M	212111212	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0490	20-29	26	M	221121312	0.53	0.40	0.04	0.03	0.00	20-39	VRAI
HTH 1272	20-29	26	M	222221112	0.88	0.11	0.02	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0490	20-29	26	M	222122312	0.42	0.30	0.06	0.22	0.00	ind	ind
HTH 0658	20-29	28	M	211211111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0288	20-29	29	M	232222312	0.13	0.35	0.11	0.38	0.03	ind	ind
HTH 0288	20-29	29	M	232221212	0.31	0.58	0.06	0.04	0.00	20-39	VRAI
Co14	30-39	30	M	321221112	0.21	0.44	0.34	0.00	0.00	20-49	FAUX
HTH 0922	30-39	33	M	221221222	0.04	0.88	0.04	0.03	0.00	30-39	VRAI
SPI2185	30-39	33	M	332111222	0.05	0.63	0.32	0.00	0.00	30-49	VRAI
HTH 0922	30-39	33	M	221121112	0.84	0.14	0.02	0.00	0.00	20-29	FAUX
SPI2254	30-39	34	M	331121213	0.00	0.55	0.39	0.05	0.00	30-49	VRAI
HTH 1447	30-39	34	M	331222223	0.00	0.18	0.16	0.13	0.53	>40	FAUX
HTH 1051	30-39	34	M	332222322	0.00	0.05	0.09	0.57	0.30	>60	FAUX
HTH 0307	30-39	36	M	221211312	0.88	0.11	0.01	0.00	0.00	20-29	FAUX
HTH 0385	30-39	37	M	232121332	0.00	0.14	0.07	0.79	0.01	30-59	VRAI
HTH 0812	30-39	37	M	331221322	0.00	0.29	0.29	0.34	0.08	30-59	VRAI
Co85	30-39	37	M	321222322	0.00	0.18	0.15	0.33	0.34	>40	FAUX
HTH 1150	30-39	38	M	332221333	0.00	0.03	0.05	0.43	0.49	>50	FAUX
Co436	30-39	39	M	231221312	0.21	0.62	0.11	0.07	0.00	20-39	VRAI
ALC85	30-39	39	M	231121312	0.29	0.53	0.12	0.07	0.00	20-39	VRAI
SPI2542	30-39	39	M	331222223	0.00	0.18	0.16	0.13	0.53	>40	FAUX
ALC85	30-39	39	M	231121212	0.27	0.64	0.08	0.02	0.00	20-39	VRAI
SPI2542	30-39	39	M	331222212	0.01	0.44	0.44	0.07	0.04	30-49	VRAI
Co263	40-49	40	M	211122322	0.64	0.00	0.37	0.00	0.00	20-49	VRAI
SPI2173	40-49	40	M	222211312	0.94	0.06	0.00	0.00	0.00	20-29	FAUX
Co28	40-49	41	M	331221312	0.02	0.42	0.42	0.13	0.02	30-49	VRAI
HTH 2291	40-49	42	M	332222122	0.00	0.22	0.66	0.00	0.12	30-49	VRAI
HTH 0462	40-49	42	M	331121112	0.09	0.29	0.62	0.00	0.00	30-49	VRAI
Co237	40-49	42	M	331121212	0.03	0.53	0.41	0.04	0.00	30-49	VRAI
HTH 2291	40-49	42	M	332232323	0.00	0.00	0.01	0.04	0.96	>60	FAUX
HTH 0462	40-49	42	M	331222112	0.03	0.25	0.71	0.00	0.01	30-49	VRAI
HTH 1338	40-49	42	M	331231323	0.00	0.00	0.07	0.07	0.86	>60	FAUX
HTH 3190	40-49	43	M	331232312	0.00	0.00	0.35	0.11	0.55	>40	VRAI
HTH 3190	40-49	43	M	331121312	0.02	0.36	0.48	0.14	0.00	30-49	VRAI
HTH 1172	40-49	43	M	332221222	0.00	0.39	0.24	0.30	0.07	30-59	VRAI
Co120	40-49	43	M	331121121	0.02	0.00	0.98	0.00	0.00	40-49	VRAI
HTH 1172	40-49	43	M	332121323	0.00	0.11	0.14	0.70	0.06	40-59	VRAI
SPI2556	40-49	44	M	321131232	0.00	0.00	0.58	0.22	0.21	>40	VRAI

Tableau AV.31 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
HTH 3397	40-49	46	M	331221212	0.02	0.60	0.34	0.03	0.01	30-49	VRAI
Co44	40-49	46	M	331242332	0.00	0.00	0.01	0.05	0.94	>60	FAUX
SPI2661	40-49	47	M	321132232	0.00	0.00	0.30	0.19	0.51	>40	VRAI
Co37	40-49	49	M	331222333	0.00	0.01	0.04	0.17	0.77	>50	FAUX
Co116	50-59	50	M	321222333	0.00	0.02	0.03	0.13	0.82	>60	FAUX
ALC26	50-59	52	M	222241322	0.00	0.00	0.03	0.46	0.51	>50	VRAI
HTH 2870	50-59	52	M	331221222	0.00	0.54	0.31	0.12	0.04	30-49	VRAI
ALC104	50-59	53	M	331221332	0.00	0.12	0.25	0.46	0.17	>40	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	332222323	0.00	0.02	0.03	0.30	0.65	>50	VRAI
ALC20	50-59	53	M	332132332	0.00	0.00	0.08	0.45	0.47	>50	VRAI
ALC104	50-59	53	M	331121322	0.00	0.26	0.35	0.39	0.01	30-59	VRAI
HTH 0197	50-59	53	M	332132332	0.00	0.00	0.08	0.45	0.47	>50	VRAI
ALC20	50-59	53	M	332131332	0.00	0.00	0.17	0.61	0.22	>50	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	332122322	0.00	0.05	0.13	0.78	0.04	40-59	VRAI
HTH 1531	50-59	54	M	331222332	0.00	0.04	0.13	0.40	0.43	>50	VRAI
HTH 2755	50-59	56	M	322221333	0.00	0.04	0.04	0.35	0.57	>50	VRAI
HTH 2755	50-59	56	M	332122333	0.00	0.01	0.05	0.70	0.24	>50	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	331221212	0.02	0.60	0.34	0.03	0.01	30-49	VRAI
Co150	50-59	57	M	131242322	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	50-59	VRAI
HTH 0430	50-59	57	M	231121322	0.02	0.56	0.13	0.29	0.00	30-59	VRAI
HTH 0430	50-59	57	M	232122323	0.00	0.12	0.05	0.79	0.04	40-59	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	231121322	0.02	0.56	0.13	0.29	0.00	30-59	VRAI
HTH 1019	50-59	58	M	321232312	0.01	0.00	0.26	0.09	0.65	>40	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	332221323	0.00	0.09	0.09	0.47	0.35	>50	VRAI
SPI2162	50-59	59	M	332222232	0.00	0.06	0.12	0.40	0.42	>50	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	332222312	0.01	0.14	0.26	0.45	0.14	>40	VRAI
Co103	>60	60	M	331132333	0.00	0.00	0.06	0.14	0.81	>60	VRAI
SPI2808	>60	60	M	331231331	0.00	0.00	0.13	0.00	0.87	>60	VRAI
SPI2363	>60	61	M	321222333	0.00	0.02	0.03	0.13	0.82	>60	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	322232323	0.00	0.00	0.00	0.03	0.97	>60	VRAI
SPI2207	>60	63	M	321231332	0.00	0.00	0.10	0.12	0.79	>50	VRAI
ALC70	>60	63	M	332232323	0.00	0.00	0.01	0.04	0.96	>60	VRAI
HTH 0912	>60	63	M	331222312	0.01	0.25	0.43	0.22	0.09	30-59	FAUX
ALC70	>60	63	M	331231323	0.00	0.00	0.07	0.07	0.86	>60	VRAI
SPI2419	>60	63	M	331232223	0.00	0.00	0.04	0.02	0.94	>60	VRAI
Co336	>60	63	M	332242333	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
Co455	>60	63	M	331242323	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
SPI2207	>60	63	M	322232332	0.00	0.00	0.01	0.07	0.92	>60	VRAI
ALC57	>60	64	M	332232333	0.00	0.00	0.00	0.02	0.97	>60	VRAI
ALC57	>60	64	M	332231333	0.00	0.00	0.01	0.07	0.92	>60	VRAI
Co109	>60	64	M	321242332	0.00	0.00	0.01	0.03	0.96	>60	VRAI
Co442	>60	65	M	331242332	0.00	0.00	0.01	0.05	0.94	>60	VRAI
Co442	>60	65	M	321242323	0.00	0.00	0.00	0.01	0.99	>60	VRAI
ALC12	>60	66	M	332232332	0.00	0.00	0.01	0.09	0.89	>60	VRAI
HTH 3119	>60	66	M	231232322	0.00	0.00	0.12	0.29	0.59	>50	VRAI
ALC12	>60	66	M	332222332	0.00	0.01	0.05	0.52	0.41	>50	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	231131322	0.02	0.00	0.40	0.54	0.04	40-59	FAUX
HTH 1545	>60	67	M	231232322	0.00	0.00	0.12	0.29	0.59	>50	VRAI
HTH 2877	>60	68	M	322221222	0.01	0.54	0.16	0.22	0.08	30-59	FAUX

Tableau AV.31 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co108	>60	68	M	321242323	0.00	0.00	0.00	0.01	0.99	>60	VRAI
HTH 2877	>60	68	M	322131213	0.00	0.00	0.63	0.17	0.19	40-59	FAUX
HTH 2163	>60	68	M	331232223	0.00	0.00	0.04	0.02	0.94	>60	VRAI
SPI2917	>60	69	M	332241233	0.00	0.00	0.01	0.03	0.96	>60	VRAI
SPI2182	>60	70	M	332222333	0.00	0.00	0.02	0.23	0.75	>50	VRAI
SPI2182	>60	70	M	332232333	0.00	0.00	0.00	0.02	0.97	>60	VRAI
HTH 2071	>60	71	M	321242322	0.00	0.00	0.02	0.05	0.93	>60	VRAI
Co391	>60	71	M	321242322	0.00	0.00	0.02	0.05	0.93	>60	VRAI
Co391	>60	71	M	331242332	0.00	0.00	0.01	0.05	0.94	>60	VRAI
SPI2818	>60	71	M	332242233	0.00	0.00	0.00	0.01	0.99	>60	VRAI
SPI2818	>60	71	M	332232233	0.00	0.00	0.01	0.02	0.97	>60	VRAI
HTH 2662	>60	72	M	321232333	0.00	0.00	0.00	0.01	0.98	>60	VRAI
HTH 1030	>60	72	M	332242312	0.00	0.00	0.06	0.14	0.80	>60	VRAI
HTH 2662	>60	72	M	331232323	0.00	0.00	0.02	0.03	0.96	>60	VRAI
ALC25	>60	74	M	331242312	0.00	0.00	0.13	0.10	0.77	>50	VRAI
SPI2913	>60	75	M	322242323	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
ALC44	>60	75	M	331231332	0.00	0.00	0.14	0.15	0.71	>50	VRAI
SPI2913	>60	75	M	322241323	0.00	0.00	0.01	0.05	0.95	>60	VRAI
ALC44	>60	75	M	332232322	0.00	0.00	0.03	0.13	0.84	>60	VRAI
ALC61	>60	76	M	332232333	0.00	0.00	0.00	0.02	0.97	>60	VRAI
ALC96	>60	78	M	331242332	0.00	0.00	0.01	0.05	0.94	>60	VRAI
HTH 2769	>60	81	M	332242333	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
SPI2538	>60	81	M	331231223	0.00	0.00	0.16	0.05	0.80	>60	VRAI
HTH 2769	>60	81	M	331242323	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	>60	VRAI
HTH 2314	>60	82	M	332232333	0.00	0.00	0.00	0.02	0.97	>60	VRAI
HTH 2326	>60	83	M	331222223	0.00	0.18	0.16	0.13	0.53	>40	VRAI
HTH 2326	>60	83	M	331222222	0.00	0.31	0.31	0.19	0.19	30-59	FAUX
ALC8	>60	83	M	332232332	0.00	0.00	0.01	0.09	0.89	>60	VRAI
HTH 1195	>60	84	M	332131333	0.00	0.00	0.08	0.37	0.55	>50	VRAI
HTH 1195	>60	84	M	332231323	0.00	0.00	0.03	0.09	0.88	>60	VRAI
HTH 2049	>60	85	M	331222333	0.00	0.01	0.04	0.17	0.77	>50	VRAI
HTH 2049	>60	85	M	332222333	0.00	0.00	0.02	0.23	0.75	>50	VRAI
SPI2063	>60	92	M	332242131	0.00	0.00	0.06	0.00	0.94	>60	VRAI
Co448	>60	96	M	331242332	0.00	0.00	0.01	0.05	0.94	>60	VRAI
Co448	>60	96	M	331242333	0.00	0.00	0.00	0.01	0.98	>60	VRAI

Tableau AV.32 : distribution des probabilités a posteriori des spécimens de l'échantillon test selon le mode 2

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités a posteriori					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co498	20-29	19	M	111121312	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0630	20-29	22	M	331121312	0.02	0.36	0.49	0.14	0.00	30-49	FAUX
SPI2381	20-29	22	M	111211112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
Co299	20-29	22	M	111231111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	211211112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0503	20-29	22	M	111211212	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0862	20-29	23	M	211111122	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 1769	20-29	24	M	221111312	0.88	0.12	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2799	20-29	25	M	332212212	0.07	0.69	0.25	0.00	0.00	30-49	FAUX
SPI2720	20-29	25	M	212111112	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
SPI2720	20-29	25	M	212111212	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0490	20-29	26	M	221121312	0.43	0.51	0.03	0.03	0.00	20-39	VRAI
HTH 1272	20-29	26	M	222221112	0.82	0.17	0.01	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0490	20-29	26	M	222122312	0.30	0.42	0.06	0.22	0.00	20-49	VRAI
HTH 0658	20-29	28	M	211211111	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20-29	VRAI
HTH 0288	20-29	29	M	232222312	0.06	0.38	0.12	0.43	0.01	30-59	FAUX
HTH 0288	20-29	29	M	232221212	0.13	0.79	0.04	0.04	0.00	20-39	VRAI
Co14	30-39	30	M	321221112	0.18	0.52	0.29	0.00	0.00	20-49	VRAI
HTH 0922	30-39	33	M	221221222	0.04	0.90	0.02	0.03	0.00	30-39	VRAI
SPI2185	30-39	33	M	332111222	0.04	0.73	0.23	0.00	0.00	30-49	VRAI
HTH 0922	30-39	33	M	221121112	0.84	0.15	0.01	0.00	0.00	20-29	FAUX
SPI2254	30-39	34	M	331121213	0.00	0.69	0.28	0.04	0.00	30-49	VRAI
HTH 1447	30-39	34	M	331222223	0.00	0.23	0.20	0.17	0.40	ind	ind
HTH 1051	30-39	34	M	332222322	0.00	0.04	0.12	0.62	0.22	>50	FAUX
HTH 0307	30-39	36	M	221211312	0.80	0.19	0.00	0.00	0.00	20-29	FAUX
HTH 0385	30-39	37	M	232121332	0.00	0.14	0.09	0.76	0.01	40-59	FAUX
HTH 0812	30-39	37	M	331221322	0.00	0.22	0.34	0.39	0.05	30-59	VRAI
Co85	30-39	37	M	321222322	0.00	0.15	0.16	0.37	0.33	>40	FAUX
HTH 1150	30-39	38	M	332221333	0.00	0.03	0.09	0.50	0.38	>50	FAUX
Co436	30-39	39	M	231221312	0.13	0.68	0.10	0.08	0.00	20-39	VRAI
ALC85	30-39	39	M	231121312	0.22	0.60	0.11	0.07	0.00	20-39	VRAI
SPI2542	30-39	39	M	331222223	0.00	0.23	0.20	0.17	0.40	ind	ind
ALC85	30-39	39	M	231121212	0.15	0.78	0.05	0.01	0.00	20-39	VRAI
SPI2542	30-39	39	M	331222212	0.00	0.50	0.40	0.08	0.02	30-49	VRAI
Co263	40-49	40	M	211122322	0.74	0.00	0.26	0.00	0.00	20-49	VRAI
SPI2173	40-49	40	M	222211312	0.87	0.13	0.00	0.00	0.00	20-29	FAUX
Co28	40-49	41	M	331221312	0.01	0.39	0.44	0.15	0.01	30-49	VRAI
HTH 2291	40-49	42	M	332222122	0.00	0.18	0.82	0.00	0.00	40-49	VRAI
HTH 0462	40-49	42	M	331121112	0.09	0.30	0.61	0.00	0.00	30-49	VRAI
Co237	40-49	42	M	331121212	0.01	0.64	0.32	0.03	0.00	30-49	VRAI
HTH 2291	40-49	42	M	332232323	0.00	0.00	0.03	0.13	0.83	>60	FAUX
HTH 0462	40-49	42	M	331222112	0.02	0.23	0.75	0.00	0.00	30-49	VRAI
HTH 1338	40-49	42	M	331231323	0.00	0.03	0.26	0.21	0.51	>40	VRAI
HTH 3190	40-49	43	M	331232312	0.00	0.03	0.62	0.18	0.17	30-59	VRAI
HTH 3190	40-49	43	M	331121312	0.02	0.36	0.49	0.14	0.00	30-49	VRAI
HTH 1172	40-49	43	M	332221222	0.00	0.42	0.23	0.32	0.03	30-59	VRAI
Co120	40-49	43	M	331121121	0.08	0.00	0.92	0.00	0.00	40-49	VRAI
HTH 1172	40-49	43	M	332121323	0.00	0.12	0.18	0.64	0.05	40-59	VRAI
SPI2556	40-49	44	M	321131232	0.00	0.12	0.60	0.21	0.08	40-59	VRAI
HTH 3397	40-49	46	M	331221212	0.01	0.68	0.28	0.04	0.00	30-49	VRAI

Tableau AV.32 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
Co44	40-49	46	M	331242332	0.00	0.00	0.03	0.11	0.87	>60	FAUX
SPI2661	40-49	47	M	321132232	0.00	0.04	0.42	0.22	0.32	>40	VRAI
Co37	40-49	49	M	331222333	0.00	0.01	0.06	0.17	0.76	>50	FAUX
Co116	50-59	50	M	321222333	0.00	0.01	0.03	0.11	0.85	>60	FAUX
ALC26	50-59	52	M	222241322	0.00	0.00	0.04	0.77	0.19	40-59	VRAI
HTH 2870	50-59	52	M	331221222	0.00	0.54	0.30	0.14	0.02	30-49	FAUX
ALC104	50-59	53	M	331221332	0.00	0.08	0.33	0.47	0.12	>40	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	332222323	0.00	0.02	0.05	0.36	0.56	>50	VRAI
ALC20	50-59	53	M	332132332	0.00	0.00	0.18	0.53	0.30	>50	VRAI
ALC104	50-59	53	M	331121322	0.00	0.21	0.40	0.38	0.01	30-59	VRAI
HTH 0197	50-59	53	M	332132332	0.00	0.00	0.18	0.53	0.30	>50	VRAI
ALC20	50-59	53	M	332131332	0.00	0.01	0.30	0.61	0.09	40-59	VRAI
HTH 1399	50-59	53	M	332122322	0.00	0.05	0.17	0.73	0.05	40-59	VRAI
HTH 1531	50-59	54	M	331222332	0.00	0.02	0.18	0.40	0.40	>50	VRAI
HTH 2755	50-59	56	M	322221333	0.00	0.05	0.05	0.39	0.51	>50	VRAI
HTH 2755	50-59	56	M	332122333	0.00	0.01	0.08	0.56	0.35	>50	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	331221212	0.01	0.68	0.28	0.04	0.00	30-49	FAUX
Co150	50-59	57	M	131242322	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	50-59	VRAI
HTH 0430	50-59	57	M	231121322	0.03	0.53	0.14	0.31	0.00	30-59	VRAI
HTH 0430	50-59	57	M	232122323	0.00	0.14	0.06	0.75	0.05	40-59	VRAI
HTH 2649	50-59	57	M	231121322	0.03	0.53	0.14	0.31	0.00	30-59	VRAI
HTH 1019	50-59	58	M	321232312	0.00	0.07	0.46	0.18	0.28	>40	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	332221323	0.00	0.10	0.13	0.55	0.22	>40	VRAI
SPI2162	50-59	59	M	332222232	0.00	0.06	0.18	0.45	0.31	>40	VRAI
HTH 1514	50-59	59	M	332222312	0.00	0.14	0.31	0.48	0.07	>40	VRAI
Co103	>60	60	M	331132333	0.00	0.00	0.14	0.18	0.68	>50	VRAI
SPI2808	>60	60	M	331231331	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	40-49	FAUX
SPI2363	>60	61	M	321222333	0.00	0.01	0.03	0.11	0.85	>60	VRAI
HTH 2977	>60	61	M	322232323	0.00	0.00	0.02	0.08	0.90	>60	VRAI
SPI2207	>60	63	M	321231332	0.00	0.02	0.24	0.27	0.47	>40	VRAI
ALC70	>60	63	M	332232323	0.00	0.00	0.03	0.13	0.83	>60	VRAI
HTH 0912	>60	63	M	331222312	0.00	0.22	0.48	0.25	0.05	30-59	FAUX
ALC70	>60	63	M	331231323	0.00	0.03	0.26	0.21	0.51	>40	VRAI
SPI2419	>60	63	M	331232223	0.00	0.02	0.16	0.08	0.74	>50	VRAI
Co336	>60	63	M	332242333	0.00	0.00	0.00	0.04	0.96	>60	VRAI
Co455	>60	63	M	331242323	0.00	0.00	0.01	0.05	0.94	>60	VRAI
SPI2207	>60	63	M	322232332	0.00	0.00	0.03	0.17	0.80	>60	VRAI
ALC57	>60	64	M	332232333	0.00	0.00	0.02	0.07	0.91	>60	VRAI
ALC57	>60	64	M	332231333	0.00	0.00	0.07	0.23	0.70	>50	VRAI
Co109	>60	64	M	321242332	0.00	0.00	0.01	0.07	0.92	>60	VRAI
Co442	>60	65	M	331242332	0.00	0.00	0.03	0.11	0.87	>60	VRAI
Co442	>60	65	M	321242323	0.00	0.00	0.01	0.03	0.97	>60	VRAI
ALC12	>60	66	M	332232332	0.00	0.00	0.07	0.25	0.69	>50	VRAI
HTH 3119	>60	66	M	231232322	0.00	0.06	0.21	0.51	0.21	>40	VRAI
ALC12	>60	66	M	332222332	0.00	0.01	0.08	0.54	0.36	>50	VRAI
HTH 1545	>60	67	M	231131322	0.02	0.17	0.35	0.45	0.01	30-59	FAUX
HTH 1545	>60	67	M	231232322	0.00	0.06	0.21	0.51	0.21	>40	VRAI
HTH 2877	>60	68	M	322221222	0.00	0.62	0.12	0.22	0.03	30-59	FAUX
Co108	>60	68	M	321242323	0.00	0.00	0.01	0.03	0.97	>60	VRAI
HTH 2877	>60	68	M	322131213	0.00	0.39	0.44	0.13	0.03	30-49	FAUX

Tableau AV.32 (suite)

numéro	classe	age	sexe	cotation	distribution des probabilités <i>a posteriori</i>					analyse	
					20-29	30-39	40-49	50-59	>60	estimation	fiabilité
HTH 2163	>60	68	M	331232223	0.00	0.02	0.16	0.08	0.74	>50	VRAI
SPI2917	>60	69	M	332241233	0.00	0.00	0.04	0.13	0.83	>60	VRAI
SPI2182	>60	70	M	332222333	0.00	0.00	0.03	0.24	0.73	>50	VRAI
SPI2182	>60	70	M	332232333	0.00	0.00	0.02	0.07	0.91	>60	VRAI
HTH 2071	>60	71	M	321242322	0.00	0.00	0.03	0.12	0.85	>60	VRAI
Co391	>60	71	M	321242322	0.00	0.00	0.03	0.12	0.85	>60	VRAI
Co391	>60	71	M	331242332	0.00	0.00	0.03	0.11	0.87	>60	VRAI
SPI2818	>60	71	M	332242233	0.00	0.00	0.01	0.04	0.95	>60	VRAI
SPI2818	>60	71	M	332232233	0.00	0.00	0.04	0.07	0.89	>60	VRAI
HTH 2662	>60	72	M	321232333	0.00	0.00	0.01	0.03	0.95	>60	VRAI
HTH 1030	>60	72	M	332242312	0.00	0.00	0.15	0.38	0.47	>50	VRAI
HTH 2662	>60	72	M	331232323	0.00	0.00	0.07	0.09	0.84	>60	VRAI
ALC25	>60	74	M	331242312	0.00	0.00	0.29	0.25	0.46	>40	VRAI
SPI2913	>60	75	M	322242323	0.00	0.00	0.00	0.04	0.95	>60	VRAI
ALC44	>60	75	M	331231332	0.00	0.01	0.37	0.31	0.31	>40	VRAI
SPI2913	>60	75	M	322241323	0.00	0.00	0.02	0.15	0.83	>60	VRAI
ALC44	>60	75	M	332232322	0.00	0.00	0.12	0.36	0.51	>50	VRAI
ALC61	>60	76	M	332232333	0.00	0.00	0.02	0.07	0.91	>60	VRAI
ALC96	>60	78	M	331242332	0.00	0.00	0.03	0.11	0.87	>60	VRAI
HTH 2769	>60	81	M	332242333	0.00	0.00	0.00	0.04	0.96	>60	VRAI
SPI2538	>60	81	M	331231223	0.00	0.12	0.42	0.14	0.33	>40	VRAI
HTH 2769	>60	81	M	331242323	0.00	0.00	0.01	0.05	0.94	>60	VRAI
HTH 2314	>60	82	M	332232333	0.00	0.00	0.02	0.07	0.91	>60	VRAI
HTH 2326	>60	83	M	331222223	0.00	0.23	0.20	0.17	0.40	ind	ind
HTH 2326	>60	83	M	331222222	0.00	0.31	0.34	0.23	0.12	30-59	FAUX
ALC8	>60	83	M	332232332	0.00	0.00	0.07	0.25	0.69	>50	VRAI
HTH 1195	>60	84	M	332131333	0.00	0.01	0.20	0.49	0.31	>50	VRAI
HTH 1195	>60	84	M	332231323	0.00	0.01	0.13	0.33	0.53	>50	VRAI
HTH 2049	>60	85	M	331222333	0.00	0.01	0.06	0.17	0.76	>50	VRAI
HTH 2049	>60	85	M	332222333	0.00	0.00	0.03	0.24	0.73	>50	VRAI
SPI2063	>60	92	M	332242131	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	40-49	FAUX
Co448	>60	96	M	331242332	0.00	0.00	0.03	0.11	0.87	>60	VRAI
Co448	>60	96	M	331242333	0.00	0.00	0.01	0.03	0.97	>60	VRAI

Matrices de confusions

Tableau AV.33 : matrice de confusions pour SSPI

	classes	20-29	30-59	>60	ind	total
		20-29	30-59	>60	ind	total
mode 1	20-29	10	1	0	2	13
	30-59	1	17	8	15	41
	>60	0	2	38	6	46
	total	11	20	46	23	100
mode 2	classes	20-29	30-49	>50	ind	total
	20-29	10	3	0	0	13
	30-49	2	10	7	7	26
	>50	0	1	47	13	61
	total	12	14	54	20	100

Tableau AV.34 : matrice de confusion pour SSPI-TI

	classes	20-29	30-59	>60	ind	total
		20-29	30-59	>60	ind	total
mode 1	20-29	10	2	0	1	13
	30-59	1	11	14	15	41
	>60	0	2	32	12	46
	total	11	15	46	28	100
mode 2	classes	20-29	30-49	>50	ind	total
	20-29	10	2	0	1	13
	30-49	1	5	7	13	26
	>50	0	1	54	6	61
	total	11	8	61	20	100

Tableau AV.35 : matrice de confusion pour SSPI-SPU

	classes	20-29	30-59	>60	ind	total
		20-29	30-59	>60	ind	total
mode 1	20-29	6	5	0	2	13
	30-59	0	22	10	9	41
	>60	0	3	33	10	46
	total	6	30	43	21	100
mode 2	classes	20-29	30-49	>50	ind	total
	20-29	6	2	0	5	13
	30-49	0	11	6	9	26
	>50	0	5	47	9	61
	total	6	18	53	23	100

Tableau AV.36 : matrice de confusion pour SSPI-TI+SPU

	classes	20-29	30-59	>60	ind	total
		20-29	30-59	>60	ind	total
mode 1	20-29	5	6	0	2	13
	30-59	0	25	8	8	41
	>60	0	3	33	10	46
	total	5	34	41	20	100
mode 2	classes	20-29	30-49	>50	ind	total
	20-29	6	2	0	5	13
	30-49	0	9	7	10	26
	>50	0	4	46	11	61
	total	6	15	53	26	100

Tableau AV.37 : :matrice de confusion pour CO⁴

	classes	20-29	30-59	>60	ind	total
mode 1	20-29	15	1	0	7	23
	30-59	3	15	12	47	77
	>60	1	4	43	30	78
	total	19	20	55	84	178
mode 2	classes	20-29	30-49	>50	ind	total
	20-29	14	6	1	2	23
	30-49	2	24	11	11	48
	>50	1	16	68	22	107
	total	17	46	80	35	178

Tableau AV.38 : matrice de confusion de CO⁴+SPU

	classes	20-29	30-59	>60	ind	total
mode 1	20-29	13	3	1	0	17
	30-59	1	37	16	5	59
	>60	1	8	31	19	59
	total	15	48	48	24	135
mode 2	classes	20-29	30-49	>50	ind	total
	20-29	13	2	1	1	17
	30-49	1	18	7	11	37
	>50	1	14	48	18	81
	total	15	34	56	30	135

Tableau AV.39 : matrice de confusion de SSPI+ CO⁴

	classes	20-29	30-59	>60	ind	total
mode 1	20-29	10	9	0	4	23
	30-59	5	39	12	21	77
	>60	0	9	58	11	78
	total	15	57	70	36	178
mode 2	classes	20-29	30-49	>50	ind	total
	20-29	10	6	0	7	23
	30-49	4	11	10	23	48
	>50	1	5	88	13	107
	total	15	22	98	43	178

Tableau AV.40 : matrice de confusion de SSPI-TI+ CO⁴

	classes	20-29	30-59	>60	ind	total
mode 1	20-29	9	9	0	5	23
	30-59	3	33	15	26	77
	>60	0	8	60	10	78
	total	12	50	75	41	178
mode 2	classes	20-29	30-49	>50	ind	total
	20-29	10	6	0	7	23
	30-49	4	15	13	16	48
	>50	1	6	78	22	107
	total	15	27	91	45	178

Tableau AV.41 : matrice de confusion de SSPI+SPU+CO⁴

	classes	20-29	30-59	>60	ind	total
mode 1	20-29	9	9	0	5	23
	30-59	3	33	15	26	77
	>60	0	8	60	10	78
	total	12	50	75	41	178
mode 2	classes	20-29	30-49	>50	ind	total
	20-29	11	3	0	3	17
	30-49	2	21	8	5	36
	>50	0	8	63	9	80
	total	13	32	71	17	133

Tableau AV.42 : matrice de confusion de SSPI-TI+SPU+CO⁴

	classes	20-29	30-59	>60	ind	total
mode 1	20-29	11	4	0	2	17
	30-59	4	35	7	12	58
	>60	0	5	48	5	58
	total	15	44	55	19	133
mode 2	classes	20-29	30-49	>50	ind	total
	20-29	11	3	0	3	17
	30-49	4	19	9	4	36
	>50	0	10	62	8	80
	total	15	32	71	15	133

ANNEXE 3

Matrices de confusions de l'échantillon de contrôle

↳ 5 classes d'âge

Tableau AVI.1 : résultats de la classification en mode Batch, codage par catégorie

	20-29	30-39	40-49	50-59	>60	Total
20-29	18	15	8	2	0	43
30-39	2	10	22	8	2	44
40-49	0	8	17	18	7	50
50-59	0	1	15	21	19	56
>60	0	1	6	37	78	122
Total	20	35	68	86	106	315

Tableau AVI.2 : résultats de la classification en mode OnLine, codage par catégorie

	20-29	30-39	40-49	50-59	>60	Total
20-29	21	11	9	1	3	45
30-39	4	13	16	8	1	42
40-49	3	12	14	13	10	52
50-59	1	4	10	16	24	55
>60	0	2	10	46	63	121
Total	29	42	59	84	101	315

Tableau AVI.3 : résultats de la classification en mode Batch, codage binaire

	20-29	30-39	40-49	50-59	>60	Total
20-29	16	14	13	1	0	44
30-39	3	7	30	2	1	43
40-49	1	4	20	22	4	51
50-59	0	2	13	28	14	57
>60	0	1	11	45	63	120
Total	20	28	87	98	82	315

Tableau AVI.4 : résultats de la classification en mode OnLine, codage binaire

	20-29	30-39	40-49	50-59	>60	Total
20-29	22	13	5	4	0	44
30-39	9	12	11	5	6	43
40-49	4	10	14	10	12	50
50-59	0	2	12	12	31	57
>60	2	1	13	30	75	121
Total	37	38	55	61	124	315

Tableau AVI.5 : résultats de la classification en mode Batch, codage gray

	20-29	30-39	40-49	50-59	>60	Total
20-29	0	35	8	2	0	45
30-39	0	17	20	3	3	43
40-49	0	8	16	12	14	50
50-59	0	2	12	16	25	55
>60	0	1	12	27	82	122
Total	0	63	68	60	124	315

Tableau AVI.6 : résultats de la classification en mode OnLine, codage gray

	20-29	30-39	40-49	50-59	>60	Total
20-29	23	9	7	3	2	44
30-39	8	6	19	5	6	44
40-49	6	2	19	12	12	51
50-59	1	4	13	10	28	56
>60	0	2	9	23	86	120
Total	38	23	67	53	134	315

↩ 3 classes d'âge

Tableau AVI.7 : résultats de la classification en mode OnLine, codage catégorie

	20-29	30-59	>60	Total
20-29	19	27	0	46
30-59	4	109	29	142
>60	0	43	84	127
Total	23	179	113	315

Tableau AVI.8 : résultats de la classification en mode Batch, codage catégorie

	20-29	30-59	>60	Total
20-29	22	21	4	47
30-59	13	95	35	143
>60	0	58	67	125
Total	35	174	106	315

Tableau AVI.9 : résultats de la classification en mode OnLine, codage binaire

	20-29	30-59	>60	Total
20-29	20	27	0	47
30-59	4	115	23	142
>60	0	49	77	126
Total	24	191	100	315

Tableau AVII.10 : résultats de la classification en mode Batch, codage binaire

	20-29	30-59	>60	Total
20-29	25	21	0	46
30-59	16	79	48	143
>60	2	34	90	126
Total	43	134	138	315

Tableau AVII.11 : résultats de la classification en mode OnLine, codage gray

	20-29	30-59	>60	Total
20-29	0	47	0	47
30-59	0	96	46	142
>60	0	35	91	126
Total	0	178	137	315

Tableau AVII.12 : résultats de la classification en mode Batch, codage gray

	20-29	30-59	>60	Total
20-29	26	19	2	47
30-59	16	83	43	142
>60	0	37	89	126
Total	42	139	134	315

ANNEXE 4

Tableau AVII.1 : spécimens atteints de sacro-iliite

numéro	origine	sexe	âge	latéralité
SPI 2204	Angleterre	F	78	bilatérale
SPI 2263	Angleterre	F	73	bilatérale
SPI 2518	Angleterre	F	53	unilatérale
SPI 2221	Angleterre	M	64	unilatérale
SPI 2363	Angleterre	M	61	unilatérale
ALC 3	Espagne	F	81	bilatérale
ALC 14	Espagne	F	86	bilatérale
ALC 64	Espagne	F	72	bilatérale
ALC 105	Espagne	F	105	bilatérale
ALC 111	Espagne	F	79	bilatérale
ALC 2	Espagne	F	77	unilatérale
ALC 13	Espagne	F	72	unilatérale
ALC 34	Espagne	F	79	unilatérale
ALC 52	Espagne	F	68	unilatérale
ALC 81	Espagne	F	86	unilatérale
ALC 83	Espagne	F	62	unilatérale
ALC 90	Espagne	F	87	unilatérale
ALC 101	Espagne	F	88	unilatérale
ALC 8	Espagne	M	83	unilatérale
ALC 17	Espagne	M	72	unilatérale
ALC 67	Espagne	M	66	unilatérale
ALC 80	Espagne	M	72	unilatérale
HTH 1838	Etats-Unis (O.A.)	F	71	bilatérale
HTH 1333	Etats-Unis (O.A.)	F	89	unilatérale
HTH 2269	Etats-Unis (O.A.)	F	58	unilatérale
HTH 2660	Etats-Unis (O.A.)	F	51	unilatérale
HTH 3357	Etats-Unis (O.A.)	F	87	unilatérale
HTH 1697	Etats-Unis (O.A.)	M	61	bilatérale
HTH 2001	Etats-Unis (O.A.)	M	58	bilatérale
HTH 2049	Etats-Unis (O.A.)	M	85	bilatérale
HTH 2071	Etats-Unis (O.A.)	M	71	bilatérale
HTH 2762	Etats-Unis (O.A.)	M	61	bilatérale
HTH 327	Etats-Unis (O.A.)	M	59	unilatérale
HTH 2465	Etats-Unis (O.A.)	M	63	unilatérale
HTH 3092	Etats-Unis (O.A.)	M	62	unilatérale
HTH 2307	Etats-Unis (O.E.)	F	68	unilatérale
HTH 3327	Etats-Unis (O.E.)	F	58	unilatérale
HTH 3359	Etats-Unis (O.E.)	F	78	unilatérale
HTH 1063	Etats-Unis (O.E.)	M	38	bilatérale
HTH 1880	Etats-Unis (O.E.)	M	38	unilatérale
CO 67	Portugal	F	21	bilatérale
CO 109	Portugal	M	64	bilatérale
LSZ 23F	Suisse	F	75	bilatérale
RSL 1	Suisse	F	86	unilatérale
PAM 8F	Suisse	F	68	unilatérale
PAM 16F	Suisse	F	71	unilatérale
BEX 9H	Suisse	M	92	bilatérale
LSZ 26H	Suisse	M	74	bilatérale
STP 6H	Suisse	M	56	bilatérale
CDB 1H	Suisse	M	19	unilatérale
VAL 1H	Suisse	M	85	unilatérale
VLT 5H	Suisse	M	66	unilatérale
VLT8 H	Suisse	M	75	unilatérale

Tableau AVII.2 : spécimens atteints d'une fusion sacro-iliaque para-articulaire

numéro	origine	sexe	age	latéralité
SPI 2134	Angleterre	F	79	unilatérale
SPI 2152	Angleterre	F	86	unilatérale
SPI 2518	Angleterre	F	53	unilatérale
SPI 2424	Angleterre	M	56	bilatérale
SPI 2468	Angleterre	M	50	bilatérale
SPI 2363	Angleterre	M	61	unilatérale
SPI 2485	Angleterre	M	75	unilatérale
SPI 2917	Angleterre	M	69	unilatérale
ALC106	Espagne	F	84	unilatérale
ALC10	Espagne	M	78	bilatérale
ALC 72	Espagne	M	54	bilatérale
ALC 59	Espagne	M	82	unilatérale
ALC 86	Espagne	M	89	unilatérale
ALC 97	Espagne	M	67	unilatérale
ALC 110	Espagne	M	86	unilatérale
HTH 1340	Etats-Unis (O.A.)	M	88	bilatérale
HTH 2650	Etats-Unis (O.A.)	M	78	unilatérale
HTH 3119	Etats-Unis (O.A.)	M	66	unilatérale
HTH 3300	Etats-Unis (O.A.)	M	73	unilatérale
HTH 1433	Etats-Unis (O.E.)	F	80	bilatérale
HTH 363	Etats-Unis (O.E.)	M	63	unilatérale
HTH 1019	Etats-Unis (O.E.)	M	58	unilatérale
HTH 3214	Etats-Unis (O.E.)	M	88	unilatérale
CO 206	Portugal	F	58	bilatérale
CO 75	Portugal	M	70	bilatérale
CO 369	Portugal	M	72	bilatérale
CO 82	Portugal	M	70	unilatérale
CO 204	Portugal	M	80	unilatérale
BEX 18F	Suisse	F	74	unilatérale
BEX 2H	Suisse	M	65	bilatérale
VAL 5H	Suisse	M	79	bilatérale
LSZ 14H	Suisse	M	76	unilatérale
PAM 4H	Suisse	M	89	unilatérale
PAM 13H	Suisse	M	79	unilatérale
PAM 14H	Suisse	M	74	unilatérale
STP 11H	Suisse	M	51	unilatérale
STP 13H	Suisse	M	76	unilatérale
STP 19H	Suisse	M	74	unilatérale
VAL 11H	Suisse	M	71	unilatérale
VAL 18H	Suisse	M	78	unilatérale
VLT 9H	Suisse	M	82	unilatérale

Title : Variability of the patterns of aging in the human skeleton. An examination of indicators of the age-at-death : research on the most reliable predictive tool.

Abstract

Age at death assessment of the adult skeletal material, while fundamental, is one of the most difficult problems in Anthropology. Prior to establishing a reliable methodology, we analysed the various biological aspects of the problem : variation in the process of biological ageing and the value of current methods of skeletal indicators of age at death. This study enabled us to establish the fundamental sources of error. There is no linear relationships between chronological age and indicators of age ; there is a great complex variability in the process of skeletal ageing and this is frequently ignored by those who are in search of precision and not reliability.

Considering these issues, a new methodology is proposed. We developed a new scoring system for some skeletal indicators (the pubic symphysis, the auricular surface of the ilium and the sternal end of the fourth rib) in order to improve repeatability and to take into account morphological changes variation in the indicators. We examined reference samples from six different geographical areas in order to include the widest variability of patterns of ageing. Data were then processed by bayesian prediction in order to classify specimens in age range categories. We also tested the potential of Artificial Neural Networks, which is a computation system appropriate for non linear relationships between variables.

The results reported here indicate that the use of multiple indicators does not improve assessment reliability. However, the auricular surface of the ilium is a very reliable age-at-death indicator. The scoring system and the data processing proposed here, permits the reliable classification of specimens as well as the identification of individuals who died past 60 years of age. Indeed, this age category is always underestimate in studies of human skeletal material. Artificial Neural Networks turn out to be a relevant data processing system and deserve further investigation.

Key-Words :

age-at-death, ageing, senescence, morphological methods, assessment, indicators, scoring, reliability, prediction, bayesian approach, probability, artificial neural networks, pubic symphysis, auricular surface of the ilium, sternal end of the 4th rib.
